

2016

MALANG

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1

1221095

RUDI ALVANTO

*Disusun oleh :*



HOTEL ARMA CENTRAL - SURABAYA

LATERAL GEMPA PADA PERENCANAAN

DENGAN MENGGUNAKAN BRIDGING SEBAGAI PENAHAN GAYA

"STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN GEDUNG BERTINGKAT TINGGI

SKRIPSI

# **SKRIPSI**

**“STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN GEDUNG BERTINGKAT TINGGI  
DENGAN MENGGUNAKAN BRESING SEBAGAI PENAHAN GAYA  
LATERAL GEMPA PADA PERENCANAAN  
HOTEL ARIA CENTRAL – SURABAYA”**



*Disusun oleh :*

**BUDI ALVIANTO  
1221095**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
M A L A N G  
2016**



**LEMBAR PERSETUJUAN  
SKRIPSI**

**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN GEDUNG BERTINGKAT  
TINGGI DENGAN MENGGUNAKAN BRESING SEBAGAI PENAHAN  
GAYA LATERAL GEMPA PADA PERENCANAAN  
HOTEL ARIA CENTRAL - SURABAYA**

*Disusun dan Diajukan Sebagai salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana program Studi Teknik Sipil S-1  
Institut Teknologi Nasional Malang*

**Disusun Oleh :**

**Budi Alvianto  
NIM 12.21.095**

**Menyetujui,**

**Dosen Pembimbing I**

**(Ir.A.Agus Santosa, M.T.)  
NIP. Y. 101 87 00155**

**Dosen Pembimbing II**

**(Ir.Ester Prikasari, M.T.)  
NIP. Y. 101 94 00265**

**Mengetahui :**

**Ketua Program Studi**

**Teknik Sipil S-1 ITN Malang**



**(Ir.A.Agus Santosa, M.T.)  
NIP. Y. 101 87 00155**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2016**



**LEMBAR PENGESAHAN  
SKRIPSI**

**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN GEDUNG BERTINGKAT  
TINGGI DENGAN MENGGUNAKAN BRESING SEBAGAI PENAHAN  
GAYA LATERAL GEMPA PADA PERENCANAAN  
HOTEL ARIA CENTRAL - SURABAYA**

*Disusun dan Diajukan Sebagai salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana program Studi Teknik Sipil S-1  
Institut Teknologi Nasional Malang*

**Disusun Oleh :**

**Budi Alvianto**

**NTM 12.21.095**

**Disahkan Oleh :**

**Ketua Program Studi  
Teknik Sipil S-1 ITN Malang**

**Ir. A Agus Santosa, M.T.**

**Sekretaris Program Studi  
Teknik Sipil S-1 ITN Malang**

**Ir. Munasih, M.T.**

**Anggota penguji :**

**Dosen Penguji I**

**Ir. H. Sudirman Indra, M.Sc.**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2016**

## ABSTRAKSI

Budi Alvianto, (2016), “*Studi Alternatif Perencanaan Gedung Bertingkat Tinggi Dengan Menggunakan Bresing sebagai Penahan Gaya Lateral Gempa Pada Hotel Aria Central - Surabaya*”, Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Intitut Teknologi Nasional Malang, Dosen Pembimbing I : Ir. A. Agus Santosa, MT., Dosen Pembimbing II : Ir. Ester Priskasari, MT.

---

Seiring perkembangan teknologi perencanaan bangunan gedung tahan gempa banyak bermunculan desain sistem struktur yang bervariasi. Sistem struktur frame murni (balok – kolom) sebagai penahan gempa tidak efisien untuk membatasi defleksi lateral akibat gaya gempa, karena dimensi frame murni (balok - kolom) akan bertambah besar jika kita merencanakan gedung bertingkat tinggi, Salah satu cara memperoleh kekakuan pada bangunan adalah dengan menambahkan elemen struktur tambahan diantaranya pengaku (*Bracing*).

Tugas akhir ini menganalisa perilaku penambahan sistem struktur pengaku menggunakan Bresing yang terbuat dari beton bertulang pada bangunan Hotel Aria Central - Surabaya ketika gedung tersebut menerima gaya lateral gempa. Pembebanan gempa dihitung dengan menggunakan analisis ekuivalen gempa. Hasil dari analisis ini adalah simpangan antar tingkat, kemudian dari hasil tersebut dianalisis untuk mengontrol kinerja batas ultimit dan untuk mengetahui perubahan *drift* yang terjadi.

Dalam penulisan tugas akhir ini didapat hasil bahwa dengan penambahan elemen struktur pengaku, gaya lateral gempa mampu ditahan dengan baik dibuktikan dengan pada simpangan antar tingkat memenuhi syarat (SNI 03-1726-2012) dan pada kontrol kinerja batas ultimit memenuhi persyaratan.

Untuk merencanakan suatu struktur tahan gempa hendaknya mempertimbangkan aplikasi sistem yang akan diterapkan, agar mampu mengantisipasi semua beban-beban yang bekerja termasuk beban gempa dinamik yang sangat berbahaya untuk perencanaan struktur gedung bertingkat tinggi.

*Kata Kunci : X-Bracing, Gaya Lateral Gempa, Simpangan Horizontal ( Drift )*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT dan junjungan Nabi besar Muhammad SAW yang senantiasa memberikan Rohmad dan Ridho sehingga Skripsi ini dengan judul ***“STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN GEDUNG BERTINGKAT TINGGI DENGAN MENGGUNAKAN BRESING SEBAGAI PENAHAN GAYA LATERAL GEMPA PADA PERENCANAAN HOTEL ARIA CENTRAL – SURABAYA”*** dapat terselesaikan dengan baik dan lancar.

Tak lepas dari berbagai hambatan, rintangan, dan kesulitan yang muncul, penyusun mengucapkan banyak terimakasih kepada bapak ***Ir. A. Agus Santos, MT*** dan ibu ***Ir. Ester Priskasari, MT*** selaku dosen pembimbing skripsi dan tak lupa juga pada kesempatan ini penyusun ucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Rektor Institut Teknologi Nasional Malang dan segenap jajarannya.
2. Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang dan segenap jajarannya.
3. Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang dan segenap jajarannya.
4. Kedua orang tua saya tercinta beserta keluarga yang tidak henti- hentinya memberikan dukungan doa, materi maupun moril.
5. Rekan- rekan Teknik Sipil S-1 ITN Malang yang selalu menemani dan membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Tidak lupa kepada orang-orang yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang senantiasa selalu membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Dengan segala kerendahan hati penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca sangat diharapkan, Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Malang, September 2016  
Penyusun

**Budi Alvianto**  
NIM : 12.21.095

## **DAFTAR ISI**

**COVER**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

**ABSTRAKSI**

**KATA PENGANTAR**

**DAFTAR ISI**

**DAFTAR GAMBAR**

**DAFTAR TABEL**

### **BAB I. PENDAHULUAN**

1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Maksud dan Tujuan.....	3
1.4. Batasan Masalah .....	3

### **BAB II. DASAR DASAR PERENCANAAN**

2.1. Tinjauan Umum .....	4
2.2. Pembebanan .....	10
2.2.1. Beban Vertikal .....	11
2.2.2. Beban Horisontal.....	11
2.3. Pengaruh Arah Gempa .....	12
2.3.1. Pengaruh Gempa Horisontal.....	12
2.3.2. Pengaruh Gempa Vertikal .....	13
2.4 Eksentrisitas Pusat Massa Terhadap Pusat Kekakuan .....	13
2.5 Balok T.....	15
2.6 Perencanaan Balok dengan Tulangan Tekan dan Tarik (Rangkap) .....	17
2.6.1. Balok T Tulangan Rangkap.....	17



2.6.2. Perencanaan Balok terhadap Geser .....	22
2.7 Perencanaan Kolom.....	25
2.8 Perencanaan penulangan kolom portal terhadap lentur dan aksial..	26
2.9 Kolom Eksentrisitas Kecil .....	29
2.10 Kolom Eksentrisitas Besar .....	30
2.11 Faktor Reduksi Gempa ( R ).....	33
2.12 Analisa Beban Lateral Gempa.....	34
2.13 Kombinasi Pembebanan .....	35
2.14 Konsep Perencanaan .....	35
2.14.1. Sistem Struktur .....	38
2.15 Daktilitas .....	38
2.16 Braced Frame.....	40
2.17 Drift Analysis .....	42
2.17.1 Drift.....	42
2.17.2 Pengaruh P- $\Delta$ .....	44
2.17.3 Pembatasan Waktu Getar Alami Fundamental .....	45
2.17.4 Kinerja Batas Layan .....	46
2.17.5 Kinerja Batas Ultimit.....	47
2.18 Diagram Alir.....	49

### **BAB III DATA PERENCANAAN**

3.1. Data Data Perencanaan .....	49
3.1.1. Data Bangunan.....	49
3.2. Data Material .....	49
3.3. Perencanaan Dimensi Plat, Balok, dan Kolom .....	50
3.3.1. Perencanaan Dimensi Plat .....	50
3.3.2. Perencanaan Dimensi Balok .....	50
3.3.3. Perencanaan Dimensi Kolom dan <i>X-Bracing</i> .....	50
3.4. Model Struktur .....	50
3.4.1. Model Struktur dengan <i>X-Bracing</i> .....	50
3.5. Pembebanan .....	52

3.5.1. Beban Mati.....	52
3.5.1.1. Berat Struktur Sendiri ( <i>Self Weight</i> ) .....	52
3.5.1.2. Beban Mati Tambahan ( <i>Dead Load</i> ) .....	52
3.5.2. Berat Bangunan Setiap Lantai .....	53
3.5.3. Mencari Pusat Massa .....	55
3.5.4. Mencari Pusat Kekakuan .....	56
3.6. Mencari Gaya Geser Total .....	56
3.7. Mencari Eksentrisitas Rencana ( $e_d$ ).....	62
3.8. Beban Gempa ( <i>Quake Load</i> ).....	67
3.8.1. Beban Gempa Dinamik.....	68
3.9. Perhitungan Statika .....	71
3.10. Hasil Analisis Simpangan Horisontal .....	76
3.10.1. Kontrol Simpangan Antar Tingkat .....	76
3.11. Kinerja Batas Layan ( $\Delta_s$ ) dan Kinerja Batas Ultimit ( $\Delta_m$ ) .....	81
3.12. Ragam Mode Shape yang Terjadi pada Struktur Menggunakan Sistem Pengaku <i>X-Bracing</i> .....	87

#### **BAB IV PERHITUNGAN PENULANGAN STRUKTUR**

4.1 Perhitungan penulangan Balok .....	90
4.1.1. Perhitungan Penulangan Lentur Balok .....	90
4.1.2. Gaya Geser Pada Balok .....	113
4.2. Perhitungan Penulangan Kolom .....	121
4.2.1. Perhitungan Penulangan Lentur Kolom.....	121
4.2.2. Perhitungan Penulangan Geser Kolom .....	137
4.2.3. Sambungan Tulangan Vertikal Kolom .....	140
4.3. Perhitungan Tulangan <i>X-Bracing</i> .....	142
4.3.1. Perhitungan Penulangan <i>X-Bracing</i> .....	142
4.3.1.1. Perhitungan penulangan lentur <i>X-Bracing</i> .....	142
4.3.2. Perhitungan Penulangan Geser <i>X-Bracing</i> .....	155
4.3.3. Perhitungan Penulangan Geser <i>X-Bracing</i> .....	162
4.3.4. Perhitungan Penulangan Geser <i>X-Bracing</i> .....	165

4.3.5. Perhitungan Penulangan Geser <i>X-Bracing</i> .....	168
4.3.6. Perhitungan Penulangan Geser <i>X-Bracing</i> .....	172
4.3.7. Perhitungan Penulangan Geser <i>X-Bracing</i> .....	175
4.3.8. Perhitungan Penulangan Geser <i>X-Bracing</i> .....	178
4.3.9. Perhitungan Penulangan Geser <i>X-Bracing</i> .....	181
4.3.10. Perhitungan Penulangan Geser <i>X-Bracing</i> .....	185
4.3.11. Perhitungan Penulangan Geser <i>X-Bracing</i> .....	188
4.3.12. Perhitungan Penulangan Geser <i>X-Bracing</i> .....	191
4.3.13. Perhitungan Penulangan Geser <i>X-Bracing</i> .....	194

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	199
5.2 Saran .....	200

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.a Kestabilan struktur akan diilustrasikan dalam.....	8
Gambar 2.1.b Kestabilan Struktur Portal .....	9
Gambar 2.2 Diagram Tegangan Balok T .....	19
Gambar 2.3 Diagram Gaya Geser dan Daerah Penempatan Tulangan Geser .....	24
Gambar 2.4 Diagram Regangan, Tegangan dan Gaya Dalam Penampang.....	27
Gambar 2.5 Wilayah Gempa Indonesia dengan Percepatan Puncak Batuan Dasar dengan Perioda Ulang 500 Tahun.....	31
Gambar 2.6 Respons Spektrum Gempa Rencana .....	32
Gambar 2.7 Model Pengaku untuk Meredam gaya Lateral Gempa.....	41
Gambar 2.8 Jalur Gaya yang Diakibatkan Beban Vertikal (a) dan Horisontal (b)	41
Gambar 2.9 Batang Brecing Vertikal yang Mengalami Defleksi Lateral Tingkat	43
Gambar 2.10 Faktor-faktor yang Mendukung Terjadinya Defleksi Lateral pada Sistem bresing Vertikal .....	44
Gambar 3.1 Denah Struktur Dengan Bracing .....	51
Gambar 3.2 Model 3 Dimensi Struktur Menggunakan X- Bracing .....	51
Gambar 3.3 Letak Titik Pusat Massa dan Pusat Kekakuan Lantai 2 .....	62
Gambar 3.4 Letak Titik Pusat Massa dan Eksentrisitas Rencana Lantai .....	63
Gambar 3.5 Letak titik Pusat Massa dan Pusat Kekakuan lantai 3-15.....	64
Gambar 3.6 Letak titik Pusat Massa dan Eksentrisitas Rencana lantai 3-15 .....	65
Gambar 3.7 Letak Titik Pusat Massa dan Pusat Kekakuan Atap.....	66
Gambar 3.8 Letak titik Pusat Massa dan Eksentrisitas Rencana Atap.....	67
Gambar 3.9 Pembebanan Pusat Eksentrisitas Rencana 100% Bentang Lemah 30% Bentang Kuat .....	69
Gambar 3.10 Potongan Portal Line 1 dan Potongan Portal Line 1 Sampel Perhitungan.....	72
Gambar 3.10.1 Nomor Titik Portal .....	72
Gambar 3.10.2 Nomor Batang Portal.....	72
Gambar 3.11 Grafik Simpangan Tingkat Arah X .....	79
Gambar 3.12 Grafik Simpangan Tingkat Arah Z.....	80



Gambar 3.13 Grafik Kontrol Terhadap Kinerja Batas Layan dan	
Ultimit Struktur Arah Z.....	84
Gambar 3.14 Grafik Kontrol Terhadap Kinerja Batas Layan dan	
Ultimit Struktur Arah X .....	86
Gambar 4.1 Panjang Beff.....	91
Gambar 4.2 Perataan Beban C .....	113
Gambar 4.3 Diagram Interaksi (10 D 28 ) .....	135
Gambar 4.4 Diagram Interaksi (12 D 28 ) .....	135
Gambar 4.5 Diagram Interaksi (16 D 28 ) .....	136
Gambar 4.6 Diagram Interaksi .....	137
Gambar 4.7 Diagram Interaksi (10 D 16 ) .....	157
Gambar 4.8 Diagram Interaksi (12 D 16) .....	157
Gambar 4.9 Diagram Interaksi (16 D 16 ) .....	158
Gambar 4.10 Diagram Interaksi .....	158

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Faktor Daktilitas Maksimum, Faktor Reduksi Gempa Maksimum, Faktor Tahanan lebih Struktur dan Faktor Tahanan Lebih Total Beberapa Jenis Sistem dan Subsistem Struktur Gedung. ( SNI – 1726 – 2002 ) .....	33
Tabel 2.2 Koefisien $\xi$ yang membatasi waktu getar alami fundamental struktur gedung.....	46
Tabel 3.1 Titik Pusat Massa Tiap Lantai .....	55
Tabel 3.2 Faktor Keutamaan Struktur.....	57
Tabel 3.3 Faktor Daktilitas Maksimum, Faktor Reduksi Gempa Maksimum, Faktor Tahanan lebih Struktur dan Faktor Tahanan Lebih Total Beberapa Jenis Sistem dan Subsistem Struktur Gedung. ( SNI – 1726 – 2002 ) .....	58
Tabel 3.4 Berat Sendiri Tiap Lantai yang Didiperoleh dari Output Staad Pro .....	59
Tabel 3.5 Distribusi Gaya Gempa Horizontal Akibat Gempa .....	61
Tabel 3.6 Beban Pada Pusat Massa 30% dan 100% .....	68
Tabel 3.7 Hasil Pembacaan Momen Pada Balok .....	73
Tabel 3.8 Pembacaan Momen Pada Kolom .....	74
Tabel 3.9 Pembacaan Momen Pada X-Bracing .....	75
Tabel 3.10 Pembacaan Simpangan antar Tingkat .....	76
Tabel 3.11 Kontrol Simpangan Antar Tingkat X.....	77
Tabel 3.12 Kontrol Simpangan Antar Tingkat Z .....	78
Tabel 3.13 Kontrol Batas Layan dan Batas Ultimit Struktur Gedung Arah Z.....	82
Tabel 3.14 Kontrol Batas Layan dan Batas Ultimit Struktur Gedung Arah X .....	84
Tabel 4.1 Diagram Interaksi (10 D 28 ) .....	134
Tabel 4.2 Diagram Interaksi (12 D 28 ) .....	134
Tabel 4.3 Diagram Interaksi (16 D 28 ) .....	134
Tabel 4.4 Momen Nominal, Gaya Aksial & Jumlah Tulangan Kolom .....	136
Tabel 4.5 Diagram Interaksi (10 D 16 ) .....	156
Tabel 4.6 Diagram Interaksi (12 D 16 ) .....	156
Tabel 4.7 Diagram Interaksi (16 D 16 ) .....	156

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Seiring dengan berkembang pesatnya pertumbuhan jumlah penduduk, demikian juga dengan lahan kosong yang tersedia dan semakin meningkatnya harga tanah yang ada. Hal inilah yang menjadi penyebab semakin maraknya berdiri bangunan-bangunan tinggi guna memberikan pelayanan yang maksimal bagi penggunanya.

Istilah “Bangunan Tinggi” menurut *New Shorter Oxford English Dictionary* mengartikan bangunan tinggi sebagai bangunan yang memiliki banyak tingkat. Suatu bangunan dikatakan tinggi jika dalam disain dan analisa strukturnya sangat dipengaruhi oleh pengaruh beban lateral seperti beban angin dan beban gempa atau bahkan keduanya tergantung beban mana yang dominan.

Sebagian besar wilayah Indonesia berada pada wilayah rawan gempa. Sehingga merupakan fakta jika Indonesia sering kali dilanda gempa. Gempa banyak menghancurkan bangunan-bangunan terutama bangunan bertingkat yang tidak mempunyai kekakuan yang memadai. Karena semakin tinggi bangunan maka semakin besar pula efek gempa dan angin yang diterima oleh bangunan tersebut.

Dalam perancangan suatu gedung beton tahan gempa setidaknya harus mengacu pada peraturan SNI 03-2847-2013, yaitu Tata cara perencanaan persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, dan SNI 03-1726-2013, yaitu Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung

dan non gedung. Salah satu cara untuk memperoleh kekakuan pada bangunan adalah dengan memasang bresing (*bracing*) untuk bangunan tinggi.

Bresing adalah Komponen struktur atau sistem yang memberikan kekakuan dan kekuatan untuk membatasi pergerakan ke luar bidang gambar dari komponen struktur lainnya di titik breis (**SNI 03-1729-2015 spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural**). Selain itu dapat pula meningkatkan kekuatan bangunan ini disebabkan karena besarnya gaya-gaya yang terjadi akan di distribusikan ke semua elemen struktur termasuk penopang bresing sehingga momen yang terjadi akan lebih kecil. Alasan penambahan bresing pada struktur bangunan untuk menambah kekuatan dan kekakuan struktur sehingga secara efektif dapat mengurangi *drift* dan menahan *deformasi* pada suatu bangunan tinggi. Penggunaan penopang bresing dapat mengurangi waktu getar alami struktur. Massa bangunan dan kekakuan akan berpengaruh pada waktu getar alami.

Hal ini disebabkan karena massa bangunan akan bertambah besar karena adanya penopang bresing, sehingga kekakuannya menjadi besar ini akan menyebabkan waktu getar alami struktur berpenopang bresing akan berkurang dibandingkan dengan struktur yang tidak berpenopang.

Pada studi analisa ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan dan kekakuan suatu perencanaan struktur gedung bertingkat tinggi menggunakan metode bresing sebagai alternatif sistem struktur penahan gaya leteral gempa.



## 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas, penyusun dapat merumuskan masalah yang timbul yaitu :

- Berapa besar dimensi penampang balok, kolom, dan bresing ?
- Berapa jumlah tulangan balok, kolom, dan bresing ?
- Berapa besar simpangan horizontal (*Drift*) yang terjadi jika sistem struktur penahan gaya lateral gempa menggunakan pengaku bresing ?
- Bagaimana gambar penulangan sistem struktur menggunakan pengaku bresing ?

## 1.3 Tujuan

Tujuan dari penulis tugas akhir ini adalah :

- Untuk mengetahui berapa besar dimensi penampang balok, kolom, dan bresing.
- Untuk mengetahui jumlah tulangan balok, kolom, dan bresing.
- Untuk mengetahui simpangan horizontal (*Drift*) yang terjadi dengan menerapkan sistem struktur menggunakan bresing dengan kontrol *drift*.
- Untuk mengetahui gambar penulangan sistem struktur menggunakan pengaku bresing.

#### **1.4 Manfaat**

Manfaat yang diharapkan dari penulis tugas akhir ini adalah :

- Memberikan pengetahuan tambahan mengenai perilaku dan kinerja salah satu desain sistem struktur penahan beban lateral ketika menerima beban gempa kuat.
- Sebagai salah satu referensi dalam memilih dan merencanakan sistem struktur penahan beban lateral bangunan tinggi dengan menggunakan bresing.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Untuk memudahkan dalam proses analisa yang akan dilakukan, maka dalam tulisan ini dilakukan pembatasan-pembatasan yang meliputi :

1. Perencanaan penampang balok, kolom, dan bresing.
2. Perhitungan jumlah penulangan balok, kolom, dan bresing.
3. Sistem struktur yang dianalisa adalah sistem struktur dengan menggunakan bresing.
4. Analisa simpangan horizontal kontrol (*drift*).
5. Gambar penulangan sistem struktur menggunakan pengaku bresing.

Peraturan yang digunakan :

1. Peraturan SNI 03-1726-2012, yaitu Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.
2. Peraturan SNI 03-2847-2013, yaitu Tata cara perencanaan persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung.

3. Peraturan SNI 03-1727-2012, yaitu Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain.
4. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk gedung (PPIUG 1987).
5. Perhitungan analisa struktur menggunakan program bantu komputer.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Sebagian besar wilayah Indonesia berada pada wilayah rawan gempa. Sehingga merupakan fakta jika Indonesia sering kali dilanda gempa. Gempa banyak menghancurkan bangunan-bangunan terutama bangunan bertingkat yang tidak mempunyai kekakuan yang memadai. Karena semakin tinggi bangunan maka semakin besar pula efek gempa dan angin yang diterima oleh bangunan tersebut.

Dalam perancangan suatu gedung beton tahan gempa setidaknya harus mengacu pada peraturan SNI 03-1726-2012, yaitu Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, SNI 03-2847-2013, yaitu Tata cara perencanaan persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, dan SNI 03-1727-2013, yaitu Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain.

Dalam merancang suatu struktur bangunan harus diperhatikan kekakuan, kestabilan struktur dalam menahan segala pembebanan yang dikenakan padanya, bagaimana perilaku struktur untuk menahan beban tersebut. Pada struktur stabil apabila dikenakan beban, struktur tersebut akan mengalami perubahan bentuk (*deformasi*) yang lebih kecil dibandingkan struktur yang tidak stabil. Hal ini disebabkan karena pada struktur yang stabil memiliki kekuatan dan kestabilan dalam menahan beban. Struktur stabil ini misalnya struktur dengan bresing (Schodek,1999).



Pada beban gempa, bangunan mengalami gerakan vertikal dan gerakan horizontal. Gaya inersia atau gaya gempa baik dalam arah vertikal maupun horizontal akan timbul di titik-titik pada massa struktur. Dari kedua gaya ini, gaya dalam arah vertikal hanya sedikit mengubah gaya gravitasi yang bekerja pada struktur, sedangkan struktur biasanya direncanakan terhadap gaya vertikal dengan faktor keamanan yang memadai. Oleh karena itu, struktur umumnya jarang sekali runtuh akibat gaya gempa vertikal (**Muto,1974**).

Pada bangunan tinggi, gaya lateral (beban gempa) sama pentingnya seperti beban gravitasi. Beban gempa yang tinggi pada sisi bangunan menghasilkan momen. Akan tetapi gaya geser horizontal pada masing-masing tingkat begitu besar hingga membutuhkan pengaku atau sambungan penahan momen. Jika tidak terjadi keretakan, lantai dan dinding menyediakan kekakuan yang cukup bagi bangunan meskipun terkadang sebagai kekakuan tersebut ditahan oleh pengaku lateral tetapi sangat sulit untuk memperkirakannya.

Ketiga sistem yang disebutkan di bawah ini merupakan sistem struktur utama yang dipakai untuk meningkatkan daya tahan gempa (terutama gaya tahan horizontal) dari gedung bertingkat banyak, yaitu :

1. Portal terbuka (*open framers*).
2. Portal dinding (*walled framers*).
3. Dinding geser (*shear walls*) dan portal dengan pengaku diagonal (*diagonally braced framers*).

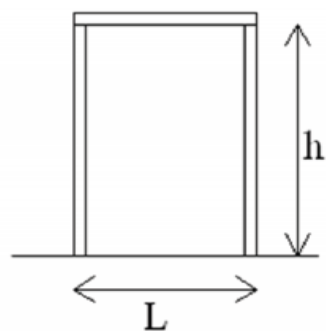
*Braced Frame* dapat diartikan sebagai portal yang dilengkapi dengan batang penopang bresing yang bertujuan untuk mengurangi perpindahahan lateral atau untuk memperoleh stabilitas struktur. **Charles G. Salmon dan JohnE.**

**Jonson (1999)** menyatakan bahwa pada dasarnya kerangka berpenopang lebih tepat didefinisikan sebagai kerangka dimana tekuk bergoyang (*sideway buckling*) dicegah oleh elemen-elemen topang struktur tersebut dan bukan oleh kerangka struktur itu sendiri.

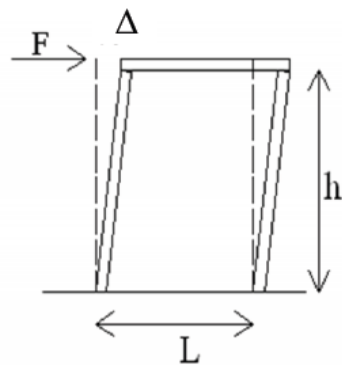
Dalam perencanaan bangunan ini sistem yang digunakan ialah sistem bresing konsentris, yang merupakan sistem bresing dimana sumbu utamanya bertemu dan saling memotong dalam satu titik. Sistem sangat cocok dipakai dalam perencanaan karena akan memberikan kekuatan untuk menahan beban-beban yang bekerja (**AISC,1992**).

Gaya tarik yang ditimbulkan pada sistem bresing vertikal konsentris ini akan melawan gaya desak sehingga secara umum struktur akan mengalami tekuk akibat desakan gaya lateral tersebut (**Brockenbrough dan Martin, 1994**).

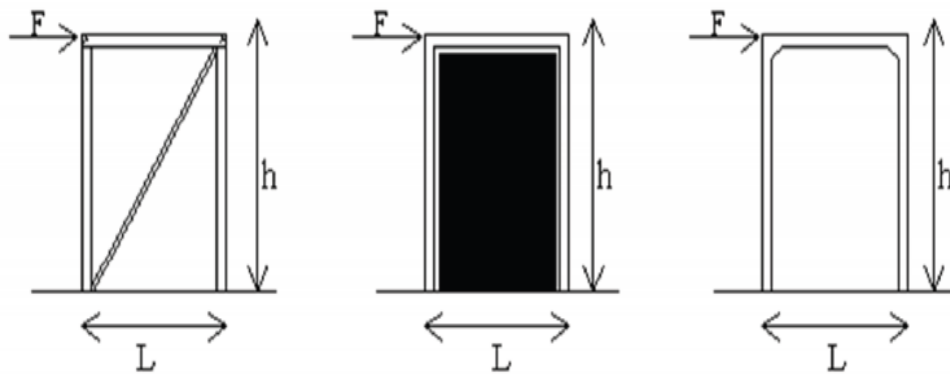
Stabilitas merupakan hal sulit di dalam perencanaan struktur yang merupakan gabungan dari elemen-elemen. Untuk memperjelas mengenai kestabilan struktur akan diilustrasikan dalam gambar 2.1



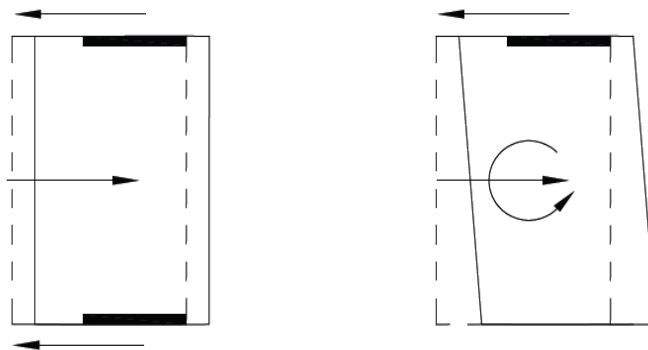
(a) Susunan kolom dan balok



(b) Ketidakstabilan terhadap beban horizontal



- a) Tiga metode dasar untuk menjamin kestabilan struktur sederhana meliputi : bresing diagonal, bidang geser, dan titik hubung kaku.



- b) Setiap metode yang dipakai untuk menjamin kestabilan pada struktur harus dipasang secara simetris. Apabila tidak, dapat terjadi efek torsional pada struktur.

*Gambar 2.1 Kestabilan struktur portal*

Pada Gambar 2.1 (a) struktur stabil karena struktur belum mendapatkan gaya dari luar, apabila suatu struktur dikenakan gaya horisontal maka akan terjadi *deformasi* seperti yang terlihat pada Gambar 2.1 (b). Hal ini disebabkan karena struktur tidak mempunyai kapasitas yang cukup untuk menahan gaya horisontal dan struktur tidak mempunyai kemampuan untuk mengembalikan bentuk struktur

ke bentuk semula apabila beban horisontal dihilangkan sehingga akan terjadi simpangan horisontal (*drift*) yang berlebihan yang dapat menyebabkan keruntuhan. Terdapat beberapa cara untuk menjamin kestabilan struktur seperti pada Gambar 2.1 (c) Cara pertama dengan menambahkan elemen struktur diagonal pada struktur, sehingga struktur tidak mengalami *deformasi* menjadi jajaran genjang seperti pada Gambar 2.1 (b). Hal ini disebabkan karena dengan menambahkan elemen struktur diagonal gaya-gaya yang dikenakan pada struktur akan disebarkan ke seluruh bagian termasuk ke elemen diagonal, gaya-gaya yang diterima masing-masing struktur akan berkurang sehingga simpangan yang dihasilkan lebih kecil. Cara kedua adalah dengan menggunakan dinding geser. Elemennya merupakan elemen permukaan bidang kaku, yang tentunya dapat menahan *deformasi* akibat beban horisontal dan simpangan horisontal yang akan dihasilkan akan lebih kecil. Cara ketiga adalah dengan mengubah hubungan antara elemen struktur sedemikian rupa sehingga perubahan sudut untuk suatu kondisi pembebanan tertentu. Hal ini dengan membuat titik hubung kaku diantara elemen struktur sebagai contoh, meja adalah struktur stabil karena adanya titik hubung kaku di antara setiap kaki meja dengan permukaan meja yang menjamin hubungan sudut konstan di antara elemen tersebut, sehingga struktur menjadi lebih kaku. Dalam menentukan letak bresing maupun dinding geser hendaknya simetris. Hal ini untuk menghindari efektorsional (Schodek, 1999).

## **2.2 Analisa Pembebanan**

Dalam merencanakan suatu desain struktur tentunya perlu memperhatikan beban-beban yang akan terjadi pada bangunan tersebut. Hal ini

sudah diatur oleh peraturan tentang ketentuan-ketentuan pembebanan dalam merencanakan suatu struktur (SNI 03-1727-2013), yaitu Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain. Beberapa jenis beban yang digunakan dalam bangunan gedung meliputi :

1) Beban vertikal, yang terdiri :

a. Beban Mati (SNI 03-1727-2013 Ps. 3.1 hal 15)

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktur lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran.

b. Beban Hidup (SNI 03-1727-2013 Ps. 30.2.2 hal 41)

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.

2) Beban horizontal, yang terdiri :

a. Beban Gempa

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 prosedur kombinasi ortogonal hal 61 menyatakan untuk perencanaan ketahanan gempa mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur, pengaruh pembebanan gempa dalam arah utama harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersama dengan pengaruh gempa dalam arah tegak lurus pada arah utama tadi tetapi efektifitasnya hanya 30%. Gaya gempa terletak di pusat massa lantai-lantai tingkat.

b. Beban Angin

Beban angin merupakan beban horizontal yang harus dipertimbangkan dalam mendesain struktur. Pada daerah tertentu tekanan angin yang besar dapat menyebabkan rubuhnya bangunan. Besarnya tekanan yang diakibatkan angin pada suatu titik akan tergantung kecepatan angin, rapat massa udara, lokasi yang ditinjau pada struktur, perilaku permukaan struktur, bentuk geometris struktur, dan dimensi struktur (Schodek, 1999).

### 2.3 Konstruksi Balok T

Berikut ini ketentuan-ketentuan yang harus diperhatikan dalam merencanakan balok T sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 8.12 :

- Pada konstruksi balok-T, sayap dan badan balok harus dibangun menyatu atau bila tidak harus dilekatkan bersama secara efektif.
- Lebar slab efektif sebagai sayap balok-T tidak boleh melebihi  $\frac{1}{4}$  panjang bentang balok, dan lebar efektif sayap yang menggantung pada masing-masing sisi badan balok tidak boleh melebihi:
  - a) Delapan kali tebal slab, dan
  - b) Setengah jarak bersih ke badan di sebelahnya.
- Untuk balok dengan slab pada satu sisi saja, lebar sayap efektif yang menggantung tidak boleh melebihi:
  - a)  $\frac{1}{12}$  panjang bentang balok,
  - b) Enam kali tebal slab, dan
  - c) Setengah jarak bersih ke badan di sebelahnya.

- Balok yang terpisah, dimana bentuk-T digunakan untuk memberikan sayap untuk luasan tekan tambahan, harus mempunyai ketebalan sayap tidak kurang dari setengah lebar badan dan lebar efektif sayap tidak lebih dari empat kali lebar badan.
- Bila tulangan lentur utama pada slab yang dianggap sebagai sayap balok-T (tidak termasuk konstruksi balok usuk) paralel dengan balok, tulangan tegak lurus terhadap balok harus disediakan pada sisi teratas slab sesuai dengan berikut ini :
  - Tulangan transversal harus didesain untuk memikul beban terfaktor pada lebar slab yang menggantung yang diasumsikan bekerja sebagai kantiliver. Untuk balok yang terpisah, seluruh lebar sayap yang menggantung harus diperhitungkan. Untuk balok-T lainnya, hanya lebar efektif slab yang menggantung perlu diperhitungkan.
  - Tulangan transversal harus dispasikan tidak lebih jauh dari lima kali tebal slab, atau juga tidak melebihi 450 mm.

## 2.4 Perencanaan Kolom

Kolom adalah Komponen struktur dengan rasio tinggi terhadap dimensi lateral terkecil melampaui 3 yang digunakan terutama untuk menumpu beban tekan aksial (**SNI 03-2847-2012 hal. 17**). Berikut ini ketentuan-ketentuan yang harus diperhatikan dalam merencanakan kolom sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 8.10 hal.62 :

- Kolom harus dirancang untuk menahan gaya aksial dari beban terfaktor pada semua lantai atau atap dan momen maksimum dari beban terfaktor

pada satu bentang lantai atau atap bersebelahan yang ditinjau. Kondisi pembebanan yang memberikan rasio momen maksimum terhadap beban aksial harus juga ditinjau.

- Pada rangka atau konstruksi menerus, pertimbangan harus diberikan pada pengaruh beban lantai atau atap tak seimbang pada baik kolom eksterior dan interior dan dari pembebanan eksentris akibat penyebab lainnya.
- Dalam menghitung momen beban gravitasi pada kolom, diijinkan untuk mengasumsikan ujung jauh kolom yang dibangun menyatu dengan struktur sebagai terjepit.
- Tahanan terhadap momen pada setiap tingkat lantai atau atap harus disediakan dengan mendistribusikan momen di antara kolom-kolom langsung diatas dan di bawah lantai ditetapkan dalam proporsi terhadap kekakuan kolom relatif dan kondisi kekangan.

## **2.5 Kombinasi Pembebanan**

Struktur, komponen, dan fondasi harus dirancang sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya sama atau melebihi efek dari beban terfaktor dalam kombinasi berikut : (SNI 03-1726-2012 hal. 15)

1.  $1,4D$
2.  $1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
3.  $1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4.  $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
5.  $1,2D + 1,0E + L + 0,2S$
6.  $0,9D + 1,0W$



$$7. \quad 0,9D + 1,0E$$

Keterangan :

- $D$  adalah beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan pelaratan tetap.
- $L$  adalah beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan.
- $L_r$  adalah beban hidup diatap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.
- $R$  adalah beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air.
- $W$  adalah beban angin
- $E$  adalah beban gempa, yang ditentukan menurut SNI 1726-2012

## 2.6 Pengaruh Beban Gempa

Pengaruh beban gempa,  $E$ , harus ditentukan sesuai dengan berikut : **(SNI 03-1726-2012 hal. 48)**

1. Untuk penggunaan dalam kombinasi beban 5 dalam pasal 4.2.2 atau kombinasi beban 5 dan 6 dalam pasal 4.2.3,  $E$  harus ditentukan sesuai dengan persamaan 14 berikut :

$$E = E_h + E_v \quad (14)$$

2. Untuk penggunaan dalam kombinasi beban 7 dalam pasal 4.2.2 atau kombinasi beban 8 dalam pasal 4.2.3,  $E$  harus ditentukan sesuai dengan persamaan 15 berikut :

$$E = E_h - E_v \quad (15)$$

### 2.6.1 Pengaruh Beban Gempa Horizontal

Pengaruh beban gempa horizontal,  $E_h$ , harus ditentukan sesuai dengan persamaan 16 sebagai berikut :

$$E_h = \rho Q_E \quad (16)$$

Keterangan :

$Q_E$  adalah pengaruh gempa horizontal dari  $V$  atau  $F_p$ . Jika disyaratkan dalam pasal 7.5.3 dan 7.5.4, pengaruh tersebut harus dihasilkan dari penerapan gaya horizontal secara serentak dalam dua arah tegak lurus satu sama lain.

$P$  adalah faktor redundansi, seperti didefinisikan dalam pasal 7.3.4.

### 2.6.2 Pengaruh Beban Gempa Vertikal

Pengaruh beban gempa vertikal,  $E_v$ , harus ditentukan sesuai dengan persamaan 17 berikut :

$$E_v = 0,2 S_{DS} D$$

Keterangan :

$S_{DS}$  = parameter percepatan spektrum respons desain pada periode pendek yang diperoleh dari pasal 6.10.4

$D$  = Pengaruh beban mati

### 2.6.3 Kombinasi Beban Gempa

Jika pengaruh gaya gempa yang ditetapkan,  $E$ , yang didefinisikan dalam pasal 7.4.2, dikombinasikan dengan pengaruh beban lainnya seperti ditetapkan

dalam pasal 4, kombinasi beban gempa berikut untuk struktur yang tidak dikenai beban banjir harus digunakan sebagai pengganti dari kombinasi beban gempa baik dalam pasal 4.2.2 atau 4.2.3 :

Kombinasi dasar untuk desain kekuatan (lihat pasal 4.2.2 dan 3.67 untuk notasi)

$$5. (1,2 + 0,2S_{DS})D + \rho Q_E + L$$

$$7. (0,9 - 0,2S_{DS}) D + \rho Q_E + 1,6 H$$

Catatan :

1. Faktor beban pada  $L$  dalam kombinasi 5 diijinkan sama dengan 0,5 untuk semua hunian dimana besarnya beban hidup merata kurang dari atau sama dengan  $5 \text{ kN/m}^2$ , dengan pengecualian garasi atau ruang pertemuan.
2. Faktor beban pada  $H$  harus ditetapkan sama dengan nol dalam kombinasi 7 jika aksi struktur akibat  $H$  berlawanan dengan aksi struktur akibat  $E$ . Jika tekanan tanah lateral memberikan tahanan terhadap aksi struktur dari gaya lainnya, faktor beban tidak boleh dimasukkan dalam  $H$  tetapi harus dimasukkan dalam tahanan desain.

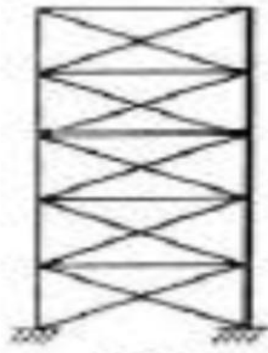
## **2.7 Konsep Perencanaan**

### **2.7.1 Struktur Bresing Konsentrik**

Sistem bresing konsentrik merupakan sistem bresing dimana sumbu utamanya bertemu atau saling memotong dalam satu titik. Sistem bresing konsentris ini bertujuan untuk :

- Menahan beban lateral dan termasuk ketahanannya terhadap gempa.
- Memperoleh stabilitas struktur

Gaya tarik yang ditimbulkan pada sistem bresing konsentris ini akan melawan gaya desak sehingga secara umum struktur akan mengalami tekuk akibat desakan gaya lateral tersebut (**Brockenbrough dan Martin, 1994**).



*Gambar 2.2. Struktur Bresing Tipe-X Konsentrik*

Gambar 2.2 merupakan salah satu contoh struktur dengan menggunakan sistem bresing tipe-X konsentrik.

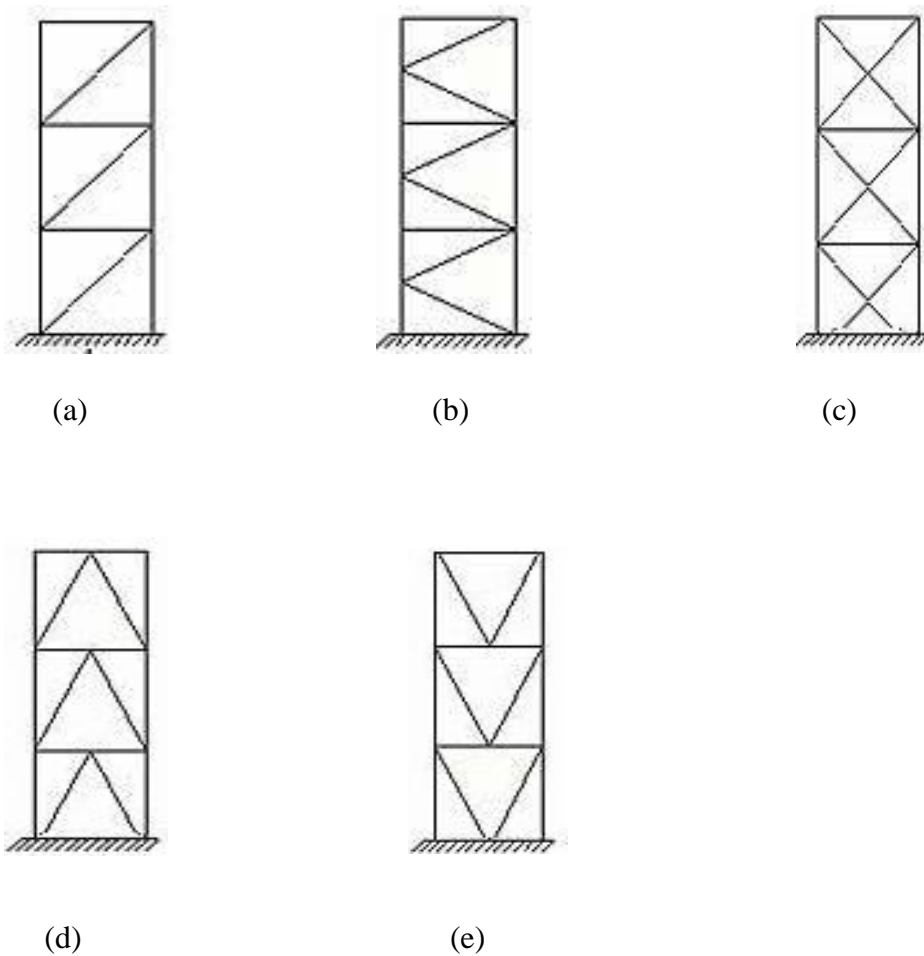
### **2.7.2 Daktilitas**

Daktilitas merupakan hal yang penting untuk diperhatikan dalam perencanaan struktur terhadap gempa. Struktur harus direncanakan sedemikian rupa sehingga ketika struktur mengalami keruntuhan dapat berlaku dektail dan menimbulkan suatu tanda-tanda saat struktur tersebut mencapai deformasi maksimum. Dengan demikian maka keruntuhan total dapat dihindari dan korban jiwa manusia yang berada dalam bangunan dapat dihindari.

### **2.7.3 Braced Frame**

*Braced Frame* dapat diartikan sebagai portal yang dilengkapi dengan batang penompang Brasing yang bertujuan untuk mengurangi perpindahan lateral

atau untuk memperoleh stabilitas struktur. Adapun ragam model pengaku yang berkembang diantaranya sebagai berikut :



*Gambar 2.3. Model pengaku untuk meredam gaya lateral gempa*

Keterangan gambar 2.3. Model pengaku untuk meredam gaya lateral gempa:

(a) = *Single Diagonals Bracing*

(b) = *K Bracing*

(c) = *X- Bracing (Cross Bracing).*

(d) = *Inverted V Bracing*

(e) = *V Bracing*

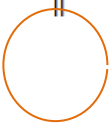
Uraian gaya yang diterima masing-masing elemen struktur (Vertikal dan Horizontal) menurut (Stafford Smith, Bryan,1991).

## **2.8 Perencanaan Ketahanan Gempa**

### **2.8.1 Faktor Keutamaan dan Kategori Resiko Struktur Bangunan (SNI 03-1726-2012 pasal 4.1.2 hal.14)**

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung sesuai Tabel 1 pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan  $I_e$  menurut Tabel 2. Khusus untuk struktur bangunan dengan kategori risiko IV, bila dibutuhkan pintu masuk untuk operasional dari struktur bangunan yang bersebelahan, maka struktur bangunan yang bersebelahan tersebut harus didesain sesuai dengan kategori risiko IV.

Tabel 2.1. Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan</li> <li>- Fasilitas sementara</li> <li>- Gudang penyimpanan</li> <li>- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen/ rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>- Bangunan industri</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul>	
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bioskop</li> <li>- Gedung pertemuan</li> <li>- Stadion</li> <li>- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas penitipan anak</li> <li>- Penjara</li> <li>- Bangunan untuk orang jompo</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>- Fasilitas penanganan air</li> <li>- Fasilitas penanganan limbah</li> <li>- Pusat telekomunikasi</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III

<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bangunan-bangunan monumental</li> <li>- Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> <li>- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> <li>- Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</li> <li>- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran ) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV
--	----

*Tabel 2.2. Faktor keutamaan gempa*

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, $I_s$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

### 2.8.2 Prosedur Klasifikasi Situs untuk Desain Seismik (SNI 03-1726-2012 pasal 5.3 hal. 17)

Tipe kelas situs harus ditetapkan sesuai dengan definisi dari tabel 3 dan pasal-pasal berikut.



Tabel 2.3. Klasifikasi situs

Kelas Situs	$\bar{V}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
<b>SA (batuan keras)</b>	> 1500	N/A	N/A
<b>SB (batuan)</b>	750 sampai 1500	N/A	N/A
<b>SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)</b>	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
<b>SD (tanah sedang)</b>	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
<b>SE (tanah lunak)</b>	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ , 2. Kadar air, $w \geq 40 \%$ , dan 3. Kuat geser niralisir $\bar{s}_u < 25 kPa$		
<b>SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti Pasal 6.9.1)</b>  Keterangan: N/A = tidak dapat dipakai	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah, - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m), - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas, $PI > 75$ ), - Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $s_u < 50$ kPa.		

### 2.8.3 Menentukan Koefisien Situs $F_a$ (Koefisien situs untuk perioda pendek, pada perioda 0,2 detik) dan $F_v$ (Koefisien situs untuk perioda pendek, pada perioda 0,1 detik) SNI 03-1726-2012 pasal 6.2 hal. 21

Untuk penentuan respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi seismik pada perioda 0,2 detik dan perioda 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek ( $F_a$ ) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik ( $F_v$ ). Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek ( $S_{MS}$ ) dan perioda 1 detik ( $S_{M1}$ ) yang

disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut ini:

$$S_{MS} = F_a S_s \quad (5)$$

$$S_{M1} = F_v S_1 \quad (6)$$

Keterangan :

$S_s$  = parameter respons spektral percepatan gempa *MCER* terpetakan untuk  
periode pendek;

$S_1$  = parameter respons spektral percepatan gempa *MCER* terpetakan untuk  
periode 1,0 detik.

dan koefisien situs  $F_a$  dan  $F_v$  mengikuti Tabel 4 dan Tabel 5. Jika digunakan prosedur desain sesuai dengan pasal 8, maka nilai  $F_a$  harus ditentukan sesuai 8.8.1 serta nilai  $F_v$ ,  $S_{MS}$ , dan  $S_{M1}$  tidak perlu ditentukan.

Tabel 2.4. Koefisien situs,  $F_a$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE <sub>R</sub> ) terpetakan pada periode pendek, T=0,2 detik, $S_s$				
	$S_s$ 0,25	$S_s$ 0,5	$S_s$ 0,75	$S_s$ 1,0	$S_s$ 1,25
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS <sup>b</sup>				

CATATAN:

(a) Untuk nilai-nilai antara  $S_s$  dapat dilakukan interpolasi linier

(b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik,  
lihat 6.10.1

Tabel 2.5. Koefisien situs,  $F_v$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa $MCE_R$ terpetakan pada periode 1 detik, $S_1$				
	$S_1 0,1$	$S_1 0,2$	$S_1 0,3$	$S_1 0,4$	$S_1 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS <sup>b</sup>				

CATATAN :

(a) Untuk nilai-nilai antara  $S_1$  dapat dilakukan interpolasi linier

(b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

#### 2.8.4 Parameter Percepatan Spektral Desain (SNI 03-1726-2012 pasal 6.3 hal. 22)

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek,  $S_{DS}$  dan pada periode 1 detik,  $S_{D1}$ , harus ditentukan melalui perumusan berikut ini:

$$S_{DS} = 2/3 S_{MS} \quad (7)$$

$$S_{D1} = 2/3 S_{M1} \quad (8)$$

Jika digunakan prosedur desain yang disederhanakan sesuai pasal 8, maka nilai  $S_{DS}$  harus ditentukan sesuai 8.8.1 dan nilai  $S_{D1}$  tidak perlu ditentukan.

Nilai $S_{DS}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 2.6. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek

Sumber Tabel 3.5: SNI 1726:2012 Pasal 6.5 Tabel 6

Nilai $S_{D1}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

*Tabel 2.7. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik*

*Sumber Tabel 3.6: SNI 1726:2012 Pasal 6.5 Tabel 7*

### 2.8.5 Spektrum Respon Desain

Bila spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu Gambar 1 dan mengikuti ketentuan di bawah ini :

- 1) Untuk periode yang lebih kecil dari  $T_0$ , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$ , harus diambil dari persamaan :

$$S_a = S_{DS} \cdot 0,4 \cdot 0,6 \cdot \frac{T}{T_0} \quad (9)$$

- 2) Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan  $T_0$  dan lebih kecil dari atau sama dengan  $T_S$  , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$  , sama dengan  $S_{DS}$  ;
- 3) Untuk perioda lebih besar dari  $T_S$  , spektrum respons percepatan desain,  $S_a$  , diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (10)$$

Keterangan:

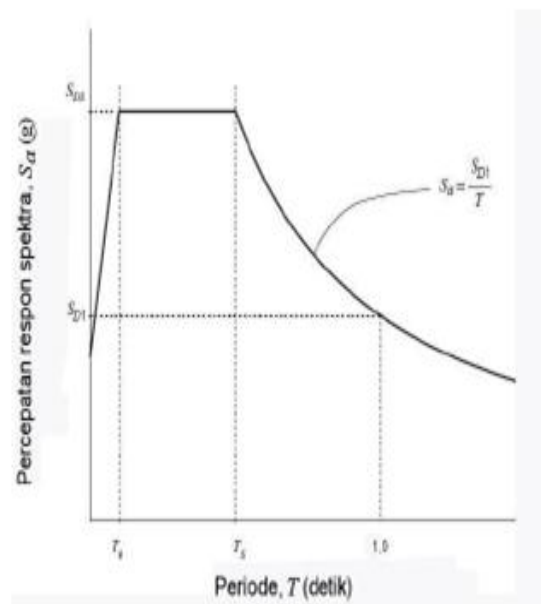
$S_{DS}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek;

$S_{D1}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik;

$T$  = periode getar fundamental struktur.

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_5 = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$



Gambar 2.4. Spektrum desain

#### 2.8.6 Periode Fundamental Pendekatan (SNI 03-1726-2012 pasal 7.8.2.1 hal. 55)

Periode fundamental pendekatan ( $T_a$ ), dalam detik, harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$T_s = C_t h_x^i \quad (26)$$

Keterangan:

$h_m$  adalah ketinggian struktur, dalam (m), di atas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, dan koefisien  $C_t$  dan  $x$  ditentukan dari Tabel 15.

Tabel 2.8. Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, $S_{D1}$	Koefisien $C_u$
0,4	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
0,1	1,7

Tabel 2.9. Nilai parameter periode pendekatan  $C_t$  dan  $x$

Tipe struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0124 <sup>a</sup>	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0400 <sup>a</sup>	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0131 <sup>a</sup>	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0131 <sup>a</sup>	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0400 <sup>a</sup>	0,75

### 2.8.7 Kombinasi Sistem Perangkai Dalam Arah yang Berbeda (SNI 03-1726-2012 pasal 7.2.2 hal 34)

Sistem penahan-gaya gempa yang berbeda diijinkan untuk digunakan, untuk menahan gaya gempa di masing-masing arah kedua sumbu ortogonal

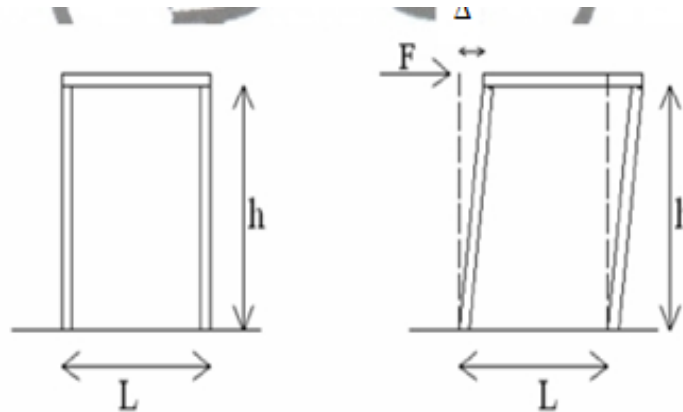
struktur. Bila sistem yang berbeda digunakan, masing-masing nilai  $R$ ,  $C_d$ , dan  $\Omega_0$  harus dikenakan pada setiap sistem, termasuk batasan sistem struktur yang termuat dalam Tabel 9.

*Tabel 2.10. Faktor  $R$ ,  $C_d$ , dan  $\Omega_0$  untuk penahan gaya gempa*

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat-lebih sistem, $\Omega^b$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^b$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (m) <sup>c</sup>				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D <sup>d</sup>	E <sup>d</sup>	F <sup>d</sup>
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2%	2%	2%	TB	TB	10	TB	TB
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2%	5	TB	TB	48	48	30
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5%	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5%	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4%	3	4	TB	TB	10 <sup>h</sup>	TI <sup>h</sup>	TI <sup>i</sup>
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3%	3	3	TB	TB	TI <sup>h</sup>	TI <sup>h</sup>	TI <sup>i</sup>
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5%	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4%	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2%	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5%	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4%	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5%	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2%	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canal dingin pemikul momen khusus dengan pembautan	3%	3 <sup>o</sup>	3%	10	10	10	10	10
D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempa yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2%	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2%	5%	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus	7	2%	5%	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa	6	2%	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2%	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2%	5	TB	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7%	2%	6	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2%	6	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2%	5	TB	TB	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5%	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3%	TB	TB	TI	TI	TI
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2%	5	TB	TB	TB	TB	TB
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2%	6%	TB	TB	TB	TB	TB
E. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah mampu menahan paling sedikit 25 persen gaya gempayang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	6	2%	5	TB	TB	10	TI	TI <sup>h</sup>
2. Dinding geser beton bertulang khusus	6%	2%	5	TB	TB	48	30	30

### 2.8.8 Defleksi Lateral

Dengan adanya beberapa macam fungsi batang dalam suatu portal tersebut akan dilakukan suatu analisa lebih lanjut mengenai gaya-gaya serta besaran-besaran yang terjadi dalam tiap-tiap elemen dari portal tersebut. Besarnya simpangan horisontal (*Drift*) harus dipertimbangkan sesuai dengan peraturan yang berlaku, yaitu untuk kinerja batas layan struktur dan kinerja batas ultimit. Simpangan struktur dapat dinyatakan dalam bentuk *Drift Indeks* (Cormac, 1981). Seperti yang digambarkan pada Gambar 2.4,  $\Delta$  merupakan defleksi lateral dari suatu struktur portal.



Gambar 2.11. Defleksi Lateral

*Drift Indeks* dihitung dengan menggunakan persamaan 2.1 :

$$Drift\ Indeks = \frac{\Delta}{h}$$

Dimana :

$\Delta$  = besar defleksi maksimum yang terjadi (m)

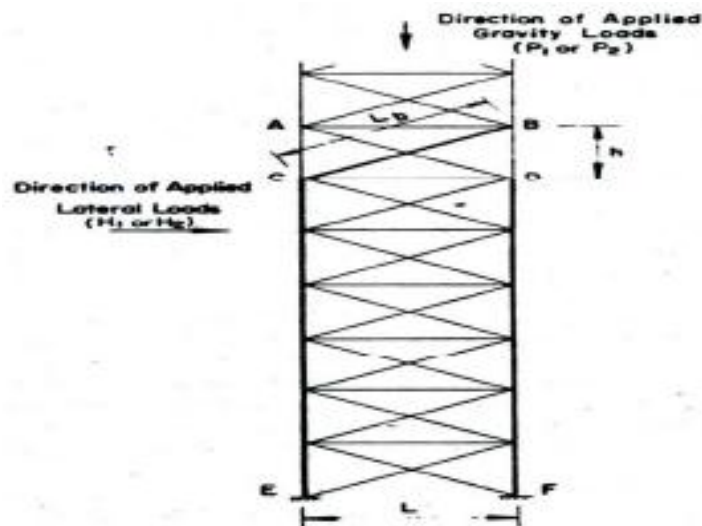
$H$  = ketinggian struktur portal (m)

Perubahan simpangan horizontal (*Drift*) dapat disebabkan karena kemampuan struktur bangunan menahan gaya gempa yang terjadi. Apabila



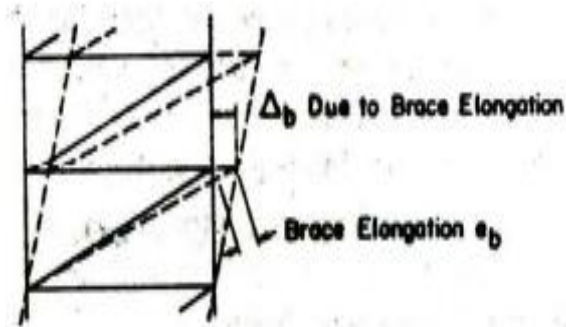
struktur memiliki kekakuan yang besar untuk melawan gaya-gaya gempa maka struktur akan mengalami simpangan horizontal yang lebih kecil dibandingkan dengan struktur yang tidak memiliki kekakuan yang cukup besar. Gempa bumi terjadi karena adanya kerusakan kerak bumi yang terjadi secara tiba-tiba yang umumnya diikuti dengan terjadinya sesar/patahan (*fault*). Timbulnya patahan atau sesar tersebut karena adanya gerakan pelat-pelat tektonik/lapis kerak bumi yang saling bertubrukan, bergeser atau saling menyusup satu dengan yang lain (Widodod, 2000).

Besarnya *drift indeks* tergantung pada besarnya beban-beban yang dikenakan pada struktur misalnya beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa. Dengan ketinggian struktur yang sama, semakin besar defleksi maksimum yang terjadi semakin besar pula *drift indeks*. Besarnya *drift indeks* berkisar antara 0,01 sampai dengan 0,0016. Kebanyakan, besar nilai *drift indeks* yang digunakan antara 0,0025 sampai 0,002 (AISC,2005).

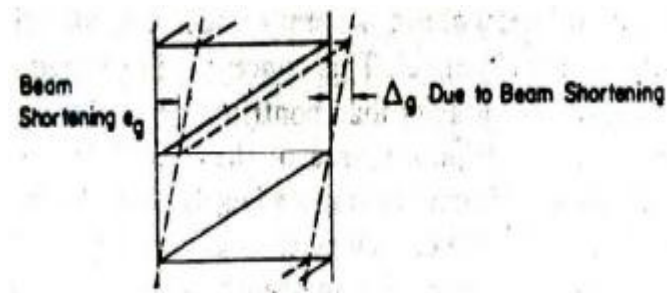


Gambar 2.12. Batang bresing vertikal yang mengalami defleksi lateral

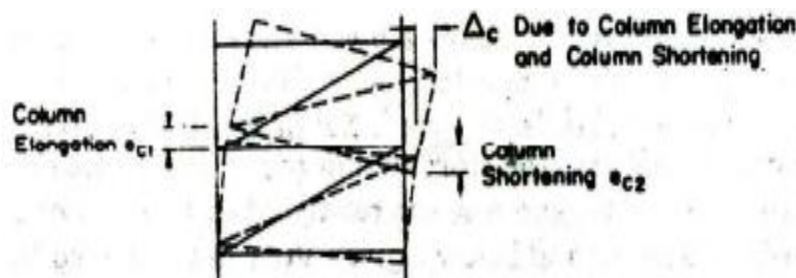
Defleksi lateral dari titik B relative terhadap titik D yang ditentukan dengan pemanjangan atau pemendekan yang hal ini dapat dilihat dengan garis tebal pada gambar tersebut.



(a) Defleksi lateral pada rangka akibat pemanjangan bresing



(b) Defleksi lateral pada rangka akibat pemendekan balok



(c) Defleksi lateral pada rangka akibat pemanjangan dan pemendekan kolom

*Gambar 2.13. Faktor – faktor yang mendukung terjadinya defleksi lateral pada sistem bresing vertikal*

### 2.8.9 Pengaruh $P-\Delta$ (SNI 03-1726-2012 hal.62)

Pengaruh P-delta pada geser dan momen tingkat, gaya dan momen elemen struktur yang dihasilkan, dan simpangan antar lantai tingkat yang timbul oleh pengaruh ini tidak disyaratkan untuk diperhitungkan bila koefisien stabilitas ( $\theta$ ) seperti ditentukan oleh persamaan berikut sama dengan atau kurang dari 0,10:

$$\theta = \frac{P_x \Delta l_e}{V_x h_{sx} C_d} \quad (35)$$

Keterangan :

$P_x$  = beban desain vertikal total pada dan di atas tingkat  $x$ , dinyatakan dalam kilo newton (kN); bila menghitung  $P_x$ , faktor beban individu tidak perlu melebihi 1,0;

$\Delta$  = simpangan antar lantai tingkat desain seperti didefinisikan dalam 7.8.6, terjadi secara serentak dengan  $V_x$ , dinyatakan dalam milimeter (mm).

$I_e$  = faktor keutamaan gempa yang ditentukan sesuai dengan 4.1.2.

$h_{sx}$  = tinggi tingkat di bawah tingkat  $x$ , dinyatakan dalam milimeter (mm);

$C_d$  = faktor pembesaran defleksi dalam Tabel 9.

Koefisien stabilitas ( $\theta$ ) harus tidak melebihi  $\theta_{max}$  yang ditentukan sebagai berikut:

$$\theta_{max} = \frac{0,5}{\beta C_d} \leq 0,25 \quad (36)$$

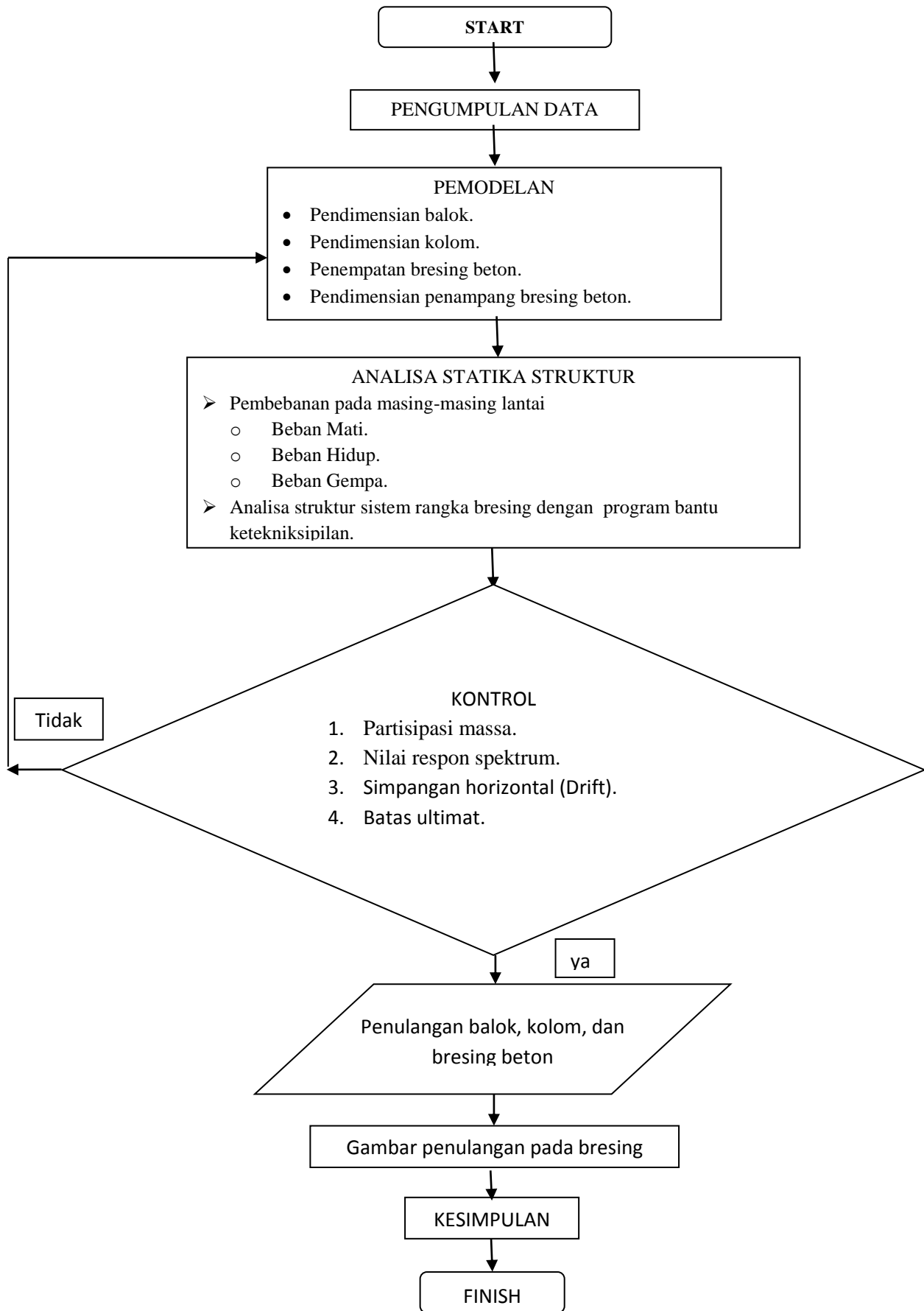
Dimana  $\beta$  adalah rasio kebutuhan geser terhadap kapasitas geser untuk tingkat antara  $x$  dan  $x-1$ . Rasio ini diijinkan secara konservatif diambil sebesar 1,0. Jika koefisien stabilitas ( $\theta$ ) lebih besar dari 0,10 tetapi kurang dari atau sama dengan  $\theta_{max}$ , faktor peningkatan terkait dengan pengaruh P-delta pada perpindahan dan gaya komponen struktur harus ditentukan dengan analisis

rasional. Sebagai alternatif, diijinkan untuk mengalikan perpindahan dan gaya komponen struktur dengan  $1,0/(1-\theta)$ .

Jika  $\theta$  lebih besar dari  $\theta_{max}$ , struktur berpotensi tidak stabil dan harus didesain ulang.

Jika pengaruh P-delta disertakan dalam analisis otomatis, Persamaan 36 masih harus dipenuhi, akan tetapi, nilai  $\theta$  yang dihitung dari Persamaan 35 menggunakan hasil analisis P-delta diijinkan dibagi dengan  $(1 + \theta)$  sebelum diperiksa dengan Persamaan 36.

### 3.4 Diagram Alir



## **BAB III**

### **METODOLOGI PERENCANAAN**

#### **3.1 Data Perencanaan**

##### **3.1.1 Data Bangunan**

- Nama Gedung : Hotel Aria Centra Surabaya
- Lokasi Bangunan : Jl. Taman A.I.S Nasution No. 37 Surabaya
- Fungsi : Hotel
- Jumlah Lantai : 16 Lantai + Atap
- Bentang Memanjang : 17,5 meter
- Bentang Melintang : 48 meter
- Tinggi Gedung : 58 meter
- Tinggi tiap Lantai Bangunan
  - Lantai 1 : 5,5 meter
  - Lantai 3 sampai 16 : 3,5 meter
- Struktur Bangunan : Beton Bertulang
- Struktur Pondasi : Pondasi Tiang Pancang

#### **3.2 Data Pembebanan**

##### **5.1.1 Data Beban Mati**

Sesuai dengan peraturan pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung (PPURG 1987) maka beban mati diatur sebagai berikut :

- Berat spesi dari semen per cm tebal =  $21 \text{ kg/m}^2$
- Berat keramik per cm tebal =  $24 \text{ kg/m}^2$

- Berat gysum + rangka penggantung =  $(6,25+7) = 13,25 \text{ kg/m}^2$
- Berat dinding pasangan  $\frac{1}{2}$  batu merah =  $250 \text{ kg/m}^2$
- Berat mekanikal elektikal =  $35 \text{ kg/m}^2$
- Berat jenis beton =  $2400 \text{ kg/m}^3$

### 5.1.2 Data Beban Hidup

Sesuai dengan peraturan pembebanan Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727:2013), maka beban hidup diatur sebagai berikut :

- Beban atap =  $100 \text{ kg/m}^2$
- Beban hidup hotel lantai 1 – 15 =  $250 \text{ kg/m}^2$

### 5.1.3 Mutu Bahan yang Digunakan

Dalam perencanaan hotel ini mutu bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Mutu baja ulir ( $f_y$ ) =  $390 \text{ Mpa}$
- Mutu baja polos ( $f_y$ ) =  $240 \text{ Mpa}$
- Mutu beton ( $f_c$ ) =  $35 \text{ Mpa}$
- Modulus elastisitas beton =  $4700 \times \sqrt{f_c}$   
 $= 4700 \times \sqrt{35}$   
 $= 27805,57498 \text{ Mpa}$   
 $= 2,780557498 \times 10^9 \text{ kg/m}^2$

### 3.3 Perencanaan Dimensi Balok, Kolom dan Bresing

#### 3.3.1 Dimensi Balok

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.1.3 bahwa lebar balok (b) tidak boleh kurang dari 250 mm dan perbandingan lebar (b) terhadap dari 250 mm dan perbandingan lebar (b) terhadap tinggi (h) tidak boleh kurang dari 0,3.

- Untuk panjang balok induk = 9,5 m = 950 cm

$$h = \frac{1}{15} L \approx \frac{1}{10} L = \frac{1}{15} 950 \approx \frac{1}{10} 950$$
$$= 63,33 \text{ cm s/d } 95 \text{ cm} \approx 75 \text{ cm}$$

Dari hasil rumus pendekatan antara 63,33 cm sampai dengan 95 cm, diambil h = 75 cm.

$$b = \frac{1}{2} h \approx \frac{2}{3} h = \frac{1}{2} 75 \approx \frac{2}{3} 75$$
$$= 37,5 \text{ cm s/d } 50 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$$

Dari hasil rumus pendekatan antara 37,5 cm sampai dengan 50 cm, diambil b = 50 cm.

Dipakai balok induk berukuran 50/75.

$$b/h = \frac{50}{75} = 0,7 > 0,3 \quad (\text{OK})$$

- Untuk panjang balok anak = 5,00 m = 500 cm

$$h = \frac{1}{15} L \approx \frac{1}{12} L = \frac{1}{15} 500 \approx \frac{1}{12} 500$$
$$= 33,33 \text{ cm s/d } 41,66 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm}$$



Dari hasil rumus pendekatan antara 33,33 cm sampai dengan 41,66 cm, diambil  $h = 40$  cm.

$$b = \frac{1}{2} h \approx \frac{2}{3} h = \frac{1}{2} \cdot 40 \approx \frac{2}{3} \cdot 40$$

$$= 20 \text{ cm s/d } 26,66 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}$$

Dari hasil rumus pendekatan antara 20 cm sampai dengan 26,67 cm, diambil  $b = 20$  cm.

Dipakai balok anak berukuran 20/40.

$$b/h = \frac{20}{40} = 0,50 > 0,3 \quad (\text{OK})$$

Dari perhitungan diatas, di dapatkan beberapa jenis dimensi balok sebagai berikut :

(a) B1 = 50/75

(b) B2 = 20/40

### 3.3.2 Dimensi Kolom

Menurut SNI 2847-2013 pasal 21.6.1.1 dan 26.6.1.2 bahwa ukuran penampang terkecil tidak boleh kurang dari 300 mm dan perbandingan antara ukuran terkecil penampang terhadap ukuran dalam arah tegak lurus nya tidak boleh kurang dari 0,4.

Dipakai kolom berukuran 80/80 (K1)

$$80 / 80 = 1 > 0,4 \quad (\text{OK})$$

### **3.3.3 Dimensi Plat**

Untuk Lantai 2 - 15 digunakan tebal plat 12 cm, sedangkan untuk lantai atap digunakan tebal plat 10 cm.

### **3.3.4 Dimensi Bresing**

Untuk dimensi bresing yang direncanakan, dipakai bresing dengan ukuran 20/20.

## BAB IV

### ANALISA STRUKTUR

#### 4.1 Perhitungan Pembebanan

##### 4.4.1 Beban Mati (*Dead Load*)

- **Beban Mati Bangunan**

- Perhitungan Pembebanan Pada Lantai 2 - 15

Dalam perhitungan struktur ini dengan menggunakan metode plat meshing, sehingga berat sendiri plat, balok dan kolom tidak dihitung. Karena sudah diperhitungkan pada *selfweight* (Program bantu komputer: *STAAD PRO*).

- Beban mati tambahan

Beban mati pada plat :

Diketahui :

- Tebal adukan = 2 cm
- Berat volume adukan = 21 kg/m<sup>2</sup>/cm tebal
- Tebal keramik = 1 cm
- Berat volume keramik = 24 kg/m<sup>2</sup>/cm tebal
- Berat pas. Keramik = (Tebal adukan x Berat volume adukan) +  
(Tebal keramik x Berat volume keramik)  
= 2 x 21 + 1 x 24  
= 66,00 kg/m<sup>2</sup>

Diketahui :

$$\text{Berat gypsum (9mm)} = 6,25 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat rangka penggantung} = 7 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Berat gypsum + penggantung} &= \text{Berat gypsum} + \text{Berat rangka} \\ &= 6,25 + 7 \\ &= 13,25 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

- Beban pada Plat Lantai 2 - 15

$$\text{Berat pas. Keramik} = 66,00 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat ME} = 35,00 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat gypsum + penggantung} = \underline{13,25 \text{ kg/m}^2} +$$

$$\text{Berat lantai / m}^2 \text{ (qd)} = 114,25 \text{ kg/m}^2$$

Beban mati pada balok :

Berat dinding/m

Diketahui :

- Dinding pasangan 1/2 bata merah =  $250 \text{ kg/m}^2$

Balok melintang

$$\begin{aligned}\text{Berat dinding /m} &= 2,75 \times 0,15 \times 1 \times 250 \\ &= 103,125 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

- Berat dinding penuh dengan bentang 17,5 m di tepi bangunan  

$$= \text{Berat dinding/m} \times L (\text{bentang melintang}) - (b_{\text{kolom}} \times \text{jumlah kolom}) - (\text{bresing} \times \text{jumlah bresing})$$

$$= 103,125 \times 17,5 - (0,8 \times 3) - (0,2 \times 4)$$

$$= 1799,3 \text{ kg/m}$$
- Berat dinding penuh dengan bentang 8 m di tengah bangunan  

$$= \text{Berat dinding/m} \times L (\text{bentang melintang}) - (b_{\text{kolom}} \times \text{jumlah kolom})$$

$$= 103,125 \times 8 - (0,8 \times 2)$$

$$= 822,4 \text{ kg/m}$$
- Berat dinding penuh dengan bentang 7,5 m di tengah bangunan  

$$= \text{Berat dinding/m} \times L (\text{bentang melintang}) - (b_{\text{kolom}} \times \text{jumlah kolom})$$

$$= 250 \times 7,5 - (0,8 + 0,15)$$

$$= 771,55 \text{ kg/m}$$

Balok memanjang

$$\begin{aligned} \text{Berat dinding /m} &= 2,75 \times 0,15 \times 1 \times 250 \\ &= 103,125 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Berat dinding ada pelubangan dengan bentang 48 m di tepi bangunan  

$$= \text{Berat dinding/m} \times L (\text{bentang melintang}) - (b_{\text{kolom}} \times \text{jumlah kolom})$$

$$= 103,125 \times 48 - (0,8 \times 7) \times 60\%$$

$$= 4940,64 \text{ kg/m}$$

- Berat dinding ada pelubangan dengan bentang 48 m di tengah bangunan

$$= \text{Berat dinding/m} \times L \text{ (bentang melintang)} - (\text{bkolom} \times \text{jumlah kolom})$$

$$= 103,125 \times 48 - (0,8 \times 7) \times 10\%$$

$$= 4943,44 \text{ kg/m}$$

- Perhitungan Pembebanan pada Lantai Atap

Dalam perhitungan struktur ini dengan menggunakan metode plat meshing, sehingga berat sendiri plat, balok dan kolom tidak dihitung. Karena sudah diperhitungkan pada selfweight (Program bantu komputer: STAAD PRO).

- Beban mati tambahan

Beban mati pada plat :

Diketahui :

$$\text{Tebal adukan} = 2 \text{ cm}$$

$$\text{Berat volume adukan} = 21 \text{ kg/m}^2/\text{cm tebal}$$

$$\text{Berat Plesteran} = (\text{Tebal adukan} \times \text{Berat volume adukan})$$

$$= 2 \times 21$$

$$= 42,00 \text{ kg/m}^2$$

Diketahui :

$$\text{Berat gypsum (9mm)} = 6,25 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat rangka penggantung} = 7 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Berat gypsum + penggantung} &= \text{Berat gypsum} + \text{Berat rangka} \\ &= 6,25 + 7 \\ &= 13,25 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

- Beban pada Plat Lantai Atap

$$\text{Berat ME} = 35 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat gypsum + penggantung} = 13,25 \text{ kg/m}^2 +$$

$$\text{Berat lantai atap / m}^2 \text{ (qd)} = \underline{48,25 \text{ kg/m}^2}$$

#### 4.4.2 Beban Hidup (*Live Load*)

- Beban Hidup Bangunan pada Lantai 2 - 15

$$\text{Beban hidup untuk lantai 2 - 15} = 250 \text{ kg/m}^2$$

- Beban Hidup Bangunan pada Atap

$$\text{Beban hidup untuk lantai Atap} = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat jenis air} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

#### 4.4.3 Perhitungan Berat Sendiri Bangunan dan Beban Gempa

##### • Beban Atap

Diketahui :

- Tebal Plat Lantai = 0,10 m
- Luas Bangunan = 1008,00 m<sup>2</sup>
  - Panjang (x) = 48,00 m
  - Lebar (y) = 17,50 m
- Dimensi Balok Induk Arah x = b = 0,50 m h = 0,75 m
- Dimensi Balok Anak Arah x = b = 0,20 m h = 0,40 m
- Dimensi Balok Induk Arah y = b = 0,50 m h = 0,75 m
- Dimensi Balok Anak Arah y = b = 0,20 m h = 0,40 m
- Dimensi Bresing = b = 0,20 m h = 0,20 m
- Dimensi Kolom = Lebar = 0,80 m Tinggi = 0,80 m
- Tinggi Lantai = 3,50 m
- Tinggi Kolom = 1,75 m
- Dinding Arah x = Lebar = 0,15 m Tinggi = 1,75 m
- Dinding Arah y = Lebar = 0,15 m Tinggi = 1,75 m
- Berat Jenis Beton = 2400,00 Kg/m<sup>3</sup>
- Berat Plesteran = 42,00 Kg/m<sup>2</sup>
- Berat Gypsum (9 mm) = 6,25 Kg/m<sup>2</sup>
- Berat Penggantung = 7,00 Kg/m<sup>2</sup>
- Berat ME = 35,00 Kg/m<sup>2</sup>
- Berat Pas. Dinding 1/2 bata = 25,00 Kg/m<sup>2</sup>
- Beban Hidup Atap = 100,00 Kg/m<sup>2</sup>
- Berat Jenis Air = 1000,00 Kg/m<sup>3</sup>
- Tinggi genangan Air = 0,05 m
- Koefisien Reduksi = 0,50

##### • Beban Mati

Keterangan	Tebal	Lebar	Panjang	Bj	Jmlh	Beban Mati
Berat Plat Lantai ROOF =	0,10	8,00	8,00	2400,00	2	= 30810,3 Kg
Berat Balok Induk Arah x =	0,50	0,75	8,00	2400,00	4	= 28800,0 Kg
Berat Balok Anak Arah x =	0,20	0,40	8,00	2400,00	2	= 3072,0 Kg
Berat Balok Induk Arah y =	0,50	0,75	8,00	2400,00	4	= 28800,0 Kg
Berat Balok Anak Arah y =	0,20	0,40	8,00	2400,00	2	= 3072,0 Kg
Berat Bresing =	0,20	0,20	8,18	2400,00	2	= 1570,6 Kg
Berat Kolom 80/80 =	0,80	0,80	1,75	2400,00	8	= 21504,0 Kg
Berat Dinding Arah X1 =	0,15	1,75	8,00	250,00	2	= 1050,0 Kg
Berat Dinding Arah YA =	0,15	1,75	8,00	250,00	2	= 1050,0 Kg
<b>Jumlah Total Beban Mati Atap</b>						<b>= 119728,8 Kg</b>

##### • Beban Hidup

Keterangan	Tebal	Lebar	Panjang	Bj	Koef.	Beban Mati
Beban Hidup Atap 1 =		8,00	8,00	100,00	0,50	= 3200,0 Kg
Beban Hidup Atap 2 =		8,00	8,00	100,00	0,50	= 3200,0 Kg
Beban Air Hujan =	0,05	8,00	8,00	1000,00		= 6400,0 Kg
<b>Jumlah Total Beban Mati Hidup Atap</b>						<b>= 9600,00 Kg</b>

*Tabel 4.1. Perhitungan berat sendiri bangunan dan beban gempa pada atap*



• **Total Beban yang terjadi pada Atap**

$$\begin{aligned}\text{Total Beban } \sum W &= \text{Beban Mati} + \text{Beban Hidup} \\ &= 119728,81 + 9600,00 \\ &= \mathbf{129328,810 \text{ Kg}}\end{aligned}$$

• **Beban Lantai 15**

Diketahui :

- Tebal Plat Lantai = 0,12 m
- Luas Bangunan = 1008 m<sup>2</sup>
  - Panjang (x) = 48,00 m
  - Lebar (y) = 17,50 m
- Dimensi Balok Induk Arah x = b = 0,50 m      h = 0,75 m
- Dimensi Balok Anak Arah x = b = 0,20 m      h = 0,40 m
- Dimensi Balok Induk Arah y = b = 0,50 m      h = 0,75 m
- Dimensi Balok Anak Arah y = b = 0,20 m      h = 0,40 m
- Dimensi Bresing = b = 0,20 m      h = 0,20 m
- Dimensi Kolom = Lebar = 0,80 m      Tinggi = 0,80 m
- Tinggi Lantai = 3,50 m
- Tinggi Kolom = 3,50 m
- Dinding Arah x = Lebar = 0,15 m      Tinggi = 1,75 m
- Dinding Arah y = Lebar = 0,15 m      Tinggi = 1,75 m
- Berat Jenis Beton = 2400,00 Kg/m<sup>3</sup>
- Berat Pas. Keramik = 66,00 Kg/m<sup>2</sup>
- Berat Gypsum (9 mm) = 6,25 Kg/m<sup>2</sup>
- Berat Penggantung = 7,00 Kg/m<sup>2</sup>
- Berat ME = 35,00 Kg/m<sup>2</sup>
- Berat Pas. Dinding 1/2 bata = 25,00 Kg/m<sup>2</sup>
- Beban Hidup Atap = 100,00 Kg/m<sup>2</sup>
- Berat Jenis Air = 1000,00 Kg/m<sup>3</sup>
- Berat R. Mesin = 400,00 Kg/m<sup>3</sup>
- Tinggi genangan Air = 0,05 m
- Koefisien Reduksi = 0,50

• **Beban Mati**

Keterangan	Tebal	Lebar	Panjang	Bj	Jmlh	Beban Mati
Berat Plat Lantai =	0,12	17,50	48,00	2400,00	1	= 242010,3 Kg
Berat Balok Induk Arah x =	0,50	0,75	48,00	2400,00	3	= 129600,0 Kg
Berat Balok Anak Arah x =	0,20	0,40	48,00	2400,00	2	= 18432,0 Kg
Berat Balok Induk Arah y =	0,50	0,75	17,50	2400,00	7	= 110250,0 Kg
Berat Balok Anak Arah y =	0,20	0,40	17,50	2400,00	6	= 20160,0 Kg
Berat Bresing =	0,20	0,20	8,18	2400,00	8	= 6282,2 Kg
Berat Kolom 80/80 =	0,80	0,80	3,50	2400,00	21	= 112896,0 Kg
Berat Din. Arah X1 dan X3 =	0,15	3,50	48,00	250,00	2	= 7560,0 Kg
Berat Dinding Arah X2 =	0,15	3,50	48,00	250,00	1	= 6300,0 Kg
Berat Dinding Arah YA =	0,15	3,50	17,50	250,00	7	= 16078,1 Kg
<b>Jumlah Total Beban Mati Lantai 15</b>						<b>= 669568,6 Kg</b>

*Tabel 4.2. Perhitungan berat sendiri bangunan dan beban gempa  
pada lantai 15*

• **Beban Hidup**

Keterangan	Tebal	Lebar	Panjang	Bj	Koef.	Beban Mati
Beban Hidup Lantai =		17,50	48,00	100,00	0,50	= 42000,0 Kg
Beban Air Hujan =	0,05	17,50	48,00	1000,00		= 84000,0 Kg
<b>Jumlah Total Beban Mati Hidup Lantai 15</b>						= 42000,0 Kg

• **Total Beban yang terjadi pada lantai 15**

$$\begin{aligned}
 \text{Total Beban } \sum W &= \text{Beban Mati} + \text{Beban Hidup} \\
 &= 669568,62 + 42000,00 \\
 &= \mathbf{711568,615 \text{ Kg}}
 \end{aligned}$$

• **Beban Lantai 3 - 14**

Diketahui :

- Tebal Plat Lantai = 0,12 m
- Luas Bangunan = 1008,00 m<sup>2</sup>
  - Panjang (x) = 48,00 m
  - Lebar (y) = 17,50 m
- Dimensi Balok Induk Arah x = b = 0,50 m      h = 0,75 m
- Dimensi Balok Anak Arah x = b = 0,20 m      h = 0,40 m
- Dimensi Balok Induk Arah y = b = 0,50 m      h = 0,75 m
- Dimensi Balok Anak Arah y = b = 0,20 m      h = 0,40 m
- Dimensi Bresing = b = 0,20 m      h = 0,20 m
- Dimensi Kolom = Lebar = 0,80 m      Tinggi = 0,80 m
- Tinggi Lantai = 3,50 m
- Tinggi Kolom = 3,50 m
- Dinding Arah x = Lebar = 0,15 m      Tinggi = 1,75 m
- Dinding Arah y = Lebar = 0,15 m      Tinggi = 1,75 m
- Berat Jenis Beton = 2400,00 Kg/m<sup>3</sup>
- Berat Pas. Keramik = 66,00 Kg/m<sup>2</sup>
- Berat Gypsum (9 mm) = 6,25 Kg/m<sup>2</sup>
- Berat Penggantung = 7,00 Kg/m<sup>2</sup>
- Berat ME = 35,00 Kg/m<sup>2</sup>
- Berat Pas. Dinding 1/2 bata = 25,00 Kg/m<sup>2</sup>
- Beban Hidup Atap = 250,00 Kg/m<sup>2</sup>
- Koefisien Reduksi = 0,50

• **Beban Mati**

Keterangan	Tebal	Lebar	Panjang	Bj	Jmlh	Beban Mati
Berat Plat Lantai =	0,12	17,50	48,00	2400,00	1	= 242010,3 Kg
Berat Balok Induk Arah x =	0,50	0,75	48,00	2400,00	3	= 129600,0 Kg
Berat Balok Anak Arah x =	0,20	0,40	48,00	2400,00	2	= 18432,0 Kg
Berat Balok Induk Arah y =	0,50	0,75	17,50	2400,00	7	= 110250,0 Kg
Berat Balok Anak Arah y =	0,20	0,40	17,50	2400,00	6	= 20160,0 Kg
Berat Bresing =	0,20	0,20	8,18	2400,00	8	= 6282,2 Kg
Berat Kolom 80/80 =	0,80	0,80	3,50	2400,00	21	= 112896,0 Kg
Berat Din. Arah X1 dan X3 =	0,15	3,50	48,00	250,00	2	= 7560,0 Kg
Berat Dinding Arah X2 =	0,15	3,50	48,00	250,00	1	= 6300,0 Kg
Berat Dinding Arah YA =	0,15	3,50	17,50	250,00	7	= 16078,1 Kg
<b>Jumlah Total Beban Mati Lantai 3 - 14</b>						= 669568,6 Kg

*Tabel 4.3. Perhitungan berat sendiri bangunan dan beban gempa pada lantai 3 - 15*

• **Beban Hidup**

Keterangan	Tebal	Lebar	Panjang	Bj	Koef.	Beban Mati
Beban Hidup Lantai =		17,50	48,00	250,00	0,50	= 105000,0 Kg
<b>Jumlah Total Beban Mati Hidup Lantai 3 - 14</b>						= 105000,0 Kg

• **Total Beban yang terjadi pada lantai 3 - 14**

$$\begin{aligned}
 \text{Total Beban } \sum W &= \text{Beban Mati} + \text{Beban Hidup} \\
 &= 669568,62 + 105000,00 \\
 &= \mathbf{774568,615 \text{ Kg}}
 \end{aligned}$$

• **Beban Lantai 2**

Diketahui :

- Tebal Plat Lantai = 0,12 m
- Luas Bangunan = 1008,00 m<sup>2</sup>
  - Panjang (x) = 48,00 m
  - Lebar (y) = 17,50 m
- Dimensi Balok Induk Arah x = b = 0,50 m      h = 0,75 m
- Dimensi Balok Anak Arah x = b = 0,20 m      h = 0,40 m
- Dimensi Balok Induk Arah y = b = 0,50 m      h = 0,75 m
- Dimensi Balok Anak Arah y = b = 0,20 m      h = 0,40 m
- Dimensi Bresing = b = 0,20 m      h = 0,20 m
- Dimensi Kolom = Lebar = 0,80 m      Tinggi = 0,80 m
- Tinggi Lantai = 3,50 m
- Tinggi Kolom = 7,25 m
- Dinding Arah x = Lebar = 0,15 m      Tinggi = 1,75 m
- Dinding Arah y = Lebar = 0,15 m      Tinggi = 1,75 m
- Berat Jenis Beton = 2400,00 Kg/m<sup>3</sup>
- Berat Pas. Keramik = 66,00 Kg/m<sup>2</sup>
- Berat Gypsum (9 mm) = 6,25 Kg/m<sup>2</sup>
- Berat Penggantung = 7,00 Kg/m<sup>2</sup>
- Berat ME = 35,00 Kg/m<sup>2</sup>
- Berat Pas. Dinding 1/2 bata = 25,00 Kg/m<sup>2</sup>
- Beban Hidup Atap = 250,00 Kg/m<sup>2</sup>
- Koefisien Reduksi = 0,50

• **Beban Mati**

Keterangan	Tebal	Lebar	Panjang	Bj	Jmlh	Beban Mati
Berat Plat Lantai =	0,12	17,50	48,00	2400,00	1	= 242010,3 Kg
Berat Balok Induk Arah x =	0,50	0,75	48,00	2400,00	3	= 129600,0 Kg
Berat Balok Anak Arah x =	0,20	0,40	48,00	2400,00	2	= 18432,0 Kg
Berat Balok Induk Arah y =	0,50	0,75	17,50	2400,00	7	= 110250,0 Kg
Berat Balok Anak Arah y =	0,20	0,40	17,50	2400,00	6	= 20160,0 Kg
Berat Bresing =	0,20	0,20	8,18	2400,00	8	= 6282,2 Kg
Berat Kolom 80/80 =	0,80	0,80	7,25	2400,00	21	= 233856,0 Kg
Berat Din. Arah X1 dan X3 =	0,15	3,50	48,00	250,00	2	= 7560,0 Kg
Berat Dinding Arah X2 =	0,15	3,50	48,00	250,00	1	= 6300,0 Kg
Berat Dinding Arah YA =	0,15	3,50	17,50	250,00	7	= 16078,1 Kg
<b>Jumlah Total Beban Mati Lantai 2</b>						= 790528,6 Kg

*Tabel 4.4. Perhitungan berat sendiri bangunan dan beban gempa pada lantai 2*

• **Beban Hidup**

Keterangan	Tebal	Lebar	Panjang	Bj	Koef.	Beban Mati
Beban Hidup Lantai =		17,50	48,00	250,00	0,50	= 105000,0 Kg
<b>Jumlah Total Beban Mati Hidup Lantai 2</b>						= 105000,0 Kg

• **Total Beban yang terjadi pada lantai 2**

$$\begin{aligned}
 \text{Total Beban } \sum W &= \text{Beban Mati} + \text{Beban Hidup} \\
 &= 790528,62 + 105000,00 \\
 &= \mathbf{895528,615 \text{ Kg}}
 \end{aligned}$$

**Total Berat Lantai**

Keterangan	Total (WT)
Berat Bangunan Lantai Atap	129328,810 Kg
Berat Bangunan Lantai 15	711568,615 Kg
Berat Bangunan Lantai 14	774568,615 Kg
Berat Bangunan Lantai 13	774568,615 Kg
Berat Bangunan Lantai 12	774568,615 Kg
Berat Bangunan Lantai 11	774568,615 Kg
Berat Bangunan Lantai 10	774568,615 Kg
Berat Bangunan Lantai 9	774568,615 Kg
Berat Bangunan Lantai 8	774568,615 Kg
Berat Bangunan Lantai 7	774568,615 Kg
Berat Bangunan Lantai 6	774568,615 Kg
Berat Bangunan Lantai 5	774568,615 Kg
Berat Bangunan Lantai 4	774568,615 Kg
Berat Bangunan Lantai 3	774568,615 Kg
Berat Bangunan Lantai 2	895528,615 Kg
<b>Berat Total</b>	<b>11031249,4 Kg</b>

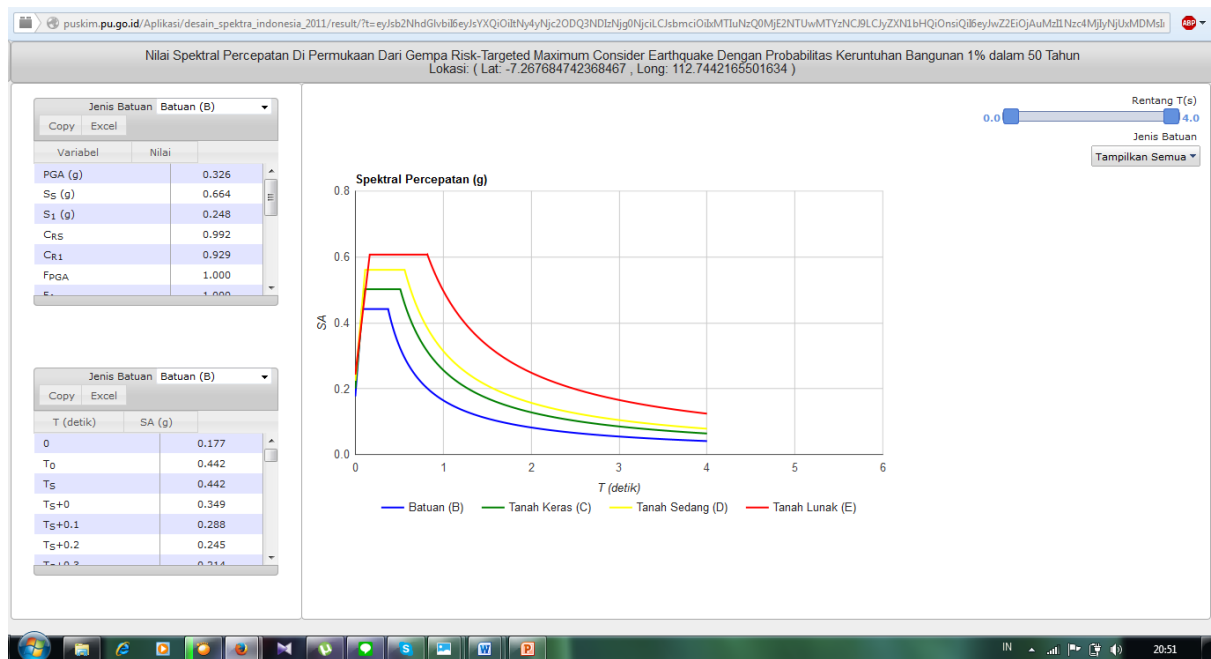
*Tabel 4.5. Perhitungan berat lantai*

## 4.2 Perhitungan Beban Gempa

- Menentukan nilai  $S_s$  (Respon Spektra percepatan 0,2 detik) dan  $S_1$  (Respon Spektra percepatan 0,1 detik)

- Lokasi Gedung : Surabaya
- Sumber data :

[http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain\\_spektra\\_indonesia\\_2011/](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/)



Gambar 4.1 Nilai spektrum percepatan gempa di kota

- Maka didapat :  $S_s = 0,664$  g

$$S_1 = 0,24$$

- Menentukan kategori resiko bangunan dan faktor,  $I_e$

- Fungsi bangunan : Hotel
- Kategori resiko : II (SNI 1726:2012 Pasal 4.1.2 Tabel 1)
- Faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ): I (SNI 1726:2012 Pasal 4.1.2 Tabel 2)

3. Menentukan Kategori Desain Seismic (KDS)

Kelas Situs	$\bar{V}_z$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
<b>SA (batuan keras)</b>	> 1500	N/A	N/A
<b>SB (batuan)</b>	750 sampai 1500	N/A	N/A
<b>SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)</b>	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
<b>SD (tanah sedang)</b>	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
<b>SE (tanah lunak)</b>	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ , 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ , dan 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25 kPa$		
<b>SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti Pasal 6.9.1)</b>  Keterangan: N/A = tidak dapat dipakai	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah, - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m), - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas, $PI > 75$ ), - Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $s_u < 50$ kPa.		

Tabel 4.6. Klasifikasi situs untuk desain seismik

Sumber Tabel 3.2: SNI 1726:2012 Pasal 5.3

4. Menentukan Koefisien Situs  $F_a$  dan  $F_v$

- Kelas Situs : Tanah Sedang (SD)
- Koefisien situs  $F_a$ 
  - $S_s = 0,664$  g

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	$SS^b$				

**Catatan:**

(a) Untuk nilai-nilai antara  $S$  dapat dilakukan interpolasi linier

(b)  $SS$  = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs

*Tabel 4.7. Koefisien situs Fa berdasarkan parameter percepatan spektral desain pada periode pendek T=0,2 detik*

Sumber Tabel 3.3: SNI 1726:2012 Pasal 6.2 Tabel 4

- Nilai Fa dihitung dengan menggunakan interpolasi

$$F_a = \frac{1,2 - 1,4}{0,75 - 0,5} (0,664 - 0,5) + 1,4$$

$$F_a = 1,269$$

Jadi untuk nilai  $S_s = 0,664$  g didapat nilai  $F_a = 1,269$

- Koefisien situs Fv

- $S_1 = 0,248$  g

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode 1 detik, $S_1$				
	$S_s \leq 0,1$	$S_s = 0,2$	$S_s = 0,3$	$S_s = 0,4$	$S_s \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	$SS^b$				

**Catatan:**

(a) Untuk nilai-nilai antara S dapat dilakukan interpolasi linier

(b)  $SS$ = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs spesifik

*Tabel 4.8. Koefisien situs Fv berdasarkan parameter percepatan spektral desain pada periode 1 detik*

Sumber Tabel 3.4: SNI 1726:2012 Pasal 6.2 Tabel 5

- Nilai  $F_v$  dihitung dengan menggunakan interpolasi

$$F_v = \frac{1,8 - 2}{0,3 - 0,2} (0,248 - 0,2) + 2$$

$$F_v = 1,904$$

Jadi untuk nilai  $S = 0,248$  g didapat nilai  $F_v = 1,904$

- Menentukan  $S_{MS}$  (Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek) dan  $S_{M1}$  ((Parameter spektrum respons percepatan pada periode 1 detik) yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs.

- Nilai  $S_{MS}$

$$\begin{aligned} S_{MS} &= F_a \cdot S_s \\ &= 1,269 \cdot 0,664 \\ &= 0,842 \end{aligned}$$

- Nilai  $S_{M1}$

$$\begin{aligned} S_{M1} &= F_v \cdot S_1 \\ &= 1,904 \cdot 0,248 \\ &= 0,472 \end{aligned}$$

- Menghitung parameter percepatan spektral desain.

- Nilai  $S_{DS}$  (Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek).

$$\begin{aligned} S_{DS} &= 2/3 S_{MS} \\ &= 2/3 \cdot 0,842 \\ &= 0,562 \end{aligned}$$



Nilai $S_{DS}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Tabel 4.9. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek

Sumber Tabel 3.5: SNI 1726:2012 Pasal 6.5 Tabel 6

Untuk  $S_{DS} = 0,562$  maka termasuk kategori desain seismik D

- Nilai  $S_{D1}$  (Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik).

$$S_{D1} = 2/3 S_{M1}$$

$$= 2/3 \cdot 0,472$$

$$= 0,315$$

$$= 0,315$$

Nilai $S_{D1}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Tabel 4.10 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

Sumber Tabel 3.6: SNI 1726:2012 Pasal 6.5 Tabel 7

Untuk  $S_{D1} = 0,315$  maka termasuk kategori desain seismik D

Jadi dapat disimpulkan bahwa Kategori Desain Seismik untuk tanah sedang di Kota Surabaya adalah D

7. Menentukan koefisien modifikasi respons

Dari SNI 1726:2012 Pasal 7.2.2 Tabel 9, didapat

- Sistem penahan gaya seismik : Sistem rangka bangunan (bresing)
- $R^a$  (koefisien modifikasi respons) : 7
- $\Omega_o$  (faktor kuat lebih sistem) :  $2^{1/2}$
- $C_d$  (faktor pembesaran defleksi) :  $5^{1/2}$

8. Membuat Spektrum Respon Desain

Tipe struktur	$C_t$	$\alpha$
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 <sup>a</sup>	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 <sup>a</sup>	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 <sup>a</sup>	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 <sup>a</sup>	0,75

$$T_o = 0,2 (S_{DI} / S_{DS})$$

$$= 0,2 (0,315 / 0,562)$$

$$= 0,112$$

$$T_s = S_{DI} / S_{DS}$$

$$= 0,315 / 0,562$$

$$= 0,560$$

Perkiraan perioda fundamental alami

Untuk struktur dengan ketinggian < 12 tingkat terdiri dari rangka penahan momen beton atau baja secara keseluruhan dan tingkat paling sedikit

3 m :

$$T_a = 0,1 N$$

Dimana : N= Jumlah tingkat

$$T_a = 0,1 \cdot 16$$

$$= 1,6$$

Batas perioda maksimum

$T_{max} = C_u T_a$  Dimana :  $C_u$  = Koefisien batas atas pada periode yang dihitung

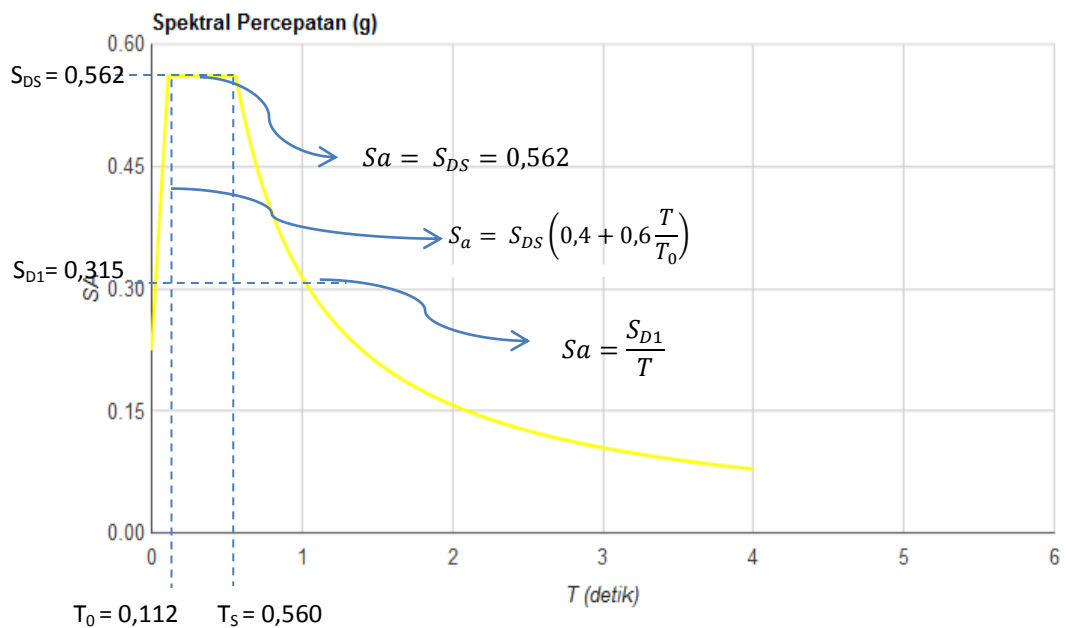
$S_{Ds} = 0,562$  maka  $C_u = 1,4$

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, $S_{D1}$	Koefisien
$\leq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Tabel 4.11. koefisien Batas atas pada Periode yang dihitung

Membuat Spektrum Respons Desain

T	Sa	T	Sa	T	Sa
0,000	0,225	0,080	0,466	0,500	0,502
0,010	0,255	0,090	0,496	0,560	0,562
0,020	0,285	0,100	0,526	0,600	0,525
0,030	0,315	0,112	0,562	1,000	0,315
0,040	0,345	0,200	0,502	2,000	0,158
0,050	0,375	0,300	0,502	3,000	0,105
0,060	0,405	0,400	0,502	4,000	0,079
0,070	0,436				



$$T_a = C_t \cdot h_n^x$$

Arah X – (sistem struktur lainnya)

$$C_t = 0,0488$$

$$H_n = 58 \text{ m}$$

$$X = 0,75$$

Maka

$$\begin{aligned} T_a &= 0.0488 \times 58^{0,75} \\ &= 1.026 \end{aligned}$$

$$T_{\max} = C_u \cdot T_a$$

$$\begin{aligned} T_{\max_1} &= 1,4 \cdot 1,026 \\ &= 1,436 \text{ Detik} \end{aligned}$$

Maka

$$T_1 = 1,436 \text{ Detik}$$

$$T_2 = 1,436 \text{ Detik}$$

Arah Y – (sistem struktur lainnya)

$$C_t = 0,0488$$

$$H_n = 58 \text{ m}$$

$$X = 0,75$$

$$\begin{aligned} T_a &= 0.0488 \times 58^{0,75} \\ &= 1.026 \end{aligned}$$

$$T_{\max} = C_u \cdot T_a$$

$$\begin{aligned} T_{\max_2} &= 1,4 \cdot 1,026 \\ &= 1,436 \text{ Detik} \end{aligned}$$

#### 9. Batasan Penggunaan prosedur Analisis Gaya Lateral Ekuivalen (ELV)

$$\begin{aligned} \text{Cek } T_s &= S_{D1}/S_{Ds} \\ &= 0,315/0,562 \\ &= 0,560 \end{aligned}$$

Menentukan pasal 7.2.2 SNI 1726 ;2012 untuk bresing beton bertulang khusus didapat faktor antara lain

- $R^a$  (koefisien modifikasi respons) : 7
- $\Omega_o$  (faktor kuat lebih sistem) :  $2^{1/2}$
- $C_d$  (faktor pembesaran defleksi) :  $5^{1/2}$

10. Menghitung Nilai Base shear

$$V = C_s \cdot W$$

Dimana :  $C_s$  = koefisien respon seismik

$W$  = Berat seismik efektif

$$\begin{aligned} C_s &= S_{Ds}/(R/I_e) \\ &= 0,562/(7/1) = 0,080 \end{aligned}$$

$$C_{s \max} = S_{D1}/T(R/I_e)$$

$$\begin{aligned} C_{s \ x} &= 0,315/1,436(7/1) \\ &= 1,535 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{s \ y} &= 0,315/1,026(7/1) \\ &= 2,149 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{s \min} &= 0,044 S_{DS} I_e > 0,01 \\ &= 0,044 \times 0,562 \times 1 > 0,01 \\ &= 0,024 > 0,01 \dots\dots\dots \text{OK} \end{aligned}$$

Kesimpulan nilai  $C_s$  yang dipakai adalah 0,080

$$\begin{aligned} \text{Maka nilai } V_x &= 0,080 \times W \\ &= 0,080 \times \mathbf{11.031.249,00} \\ &= 882.499,920 \text{ kg} \\ V_y &= 0,080 \times W \\ &= 0,080 \times \mathbf{11.031.249,00} \\ &= 882.499,920 \text{ kg} \end{aligned}$$

## 11. Menghitung Gaya gempa Lateral $F_x$

$$F_x = C_{vx} \cdot V \quad \text{Pasal 7.8.3 SNI 1726-2012}$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

Dimana :

$C_{vx}$  = Faktor distribusi vertikal

$V$  = Gaya lateral design total atau geser di dasar struktur

$W_i$  &  $W_x$  = Bagian berat seismik sfektif total struktur ( $W$ ) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat  $i$  atau  $x$

$h_i$  &  $h_x$  = Tinggi (m) dari dasar sampai tingkat  $i$  atau  $x$

$K$  = Eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut :  
 Untuk struktur yang mempunyai dengan perioda sebesar 0,5 detik atau kurang ,  $K = 1$   
 Untuk struktur yang mempunyai dengan perioda sebesar 2,5 detik atau lebih ,  $K = 2$   
 Untuk struktur yang mempunyai dengan perioda sebesar 0,5 dan 2,5 detik k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2

---


$$T_x = 1,436 \text{ Detik}$$

Melalui Interpolasi Didapat :

Untuk nilai  $S_s$  1,436 g berada diantara nilai

$T_x = 0,500$        $K_x = 1,000$   
 $T_x = 2,500$        $K_x = 2,000$   
 $T_x = 1,463$        $K_x = \dots\dots\dots?$

Maka untuk mendapatkan nilai  $K$  dari  $T_x$  harus di interpolasi terlebih dahulu sebagai berikut :

$$K_x = 1,000 + \left[ \frac{1,463 - 0,500}{2,500 - 0,500} \right] \times 2,000 - 1,000$$

$$= 1,482$$

$$T_y = 1,026 \text{ Detik}$$

Melalui Interpolasi Didapat :

Untuk nilai  $S_s$  1,026 g berada diantara nilai

$T_y = 0,500$        $K_y = 1,000$   
 $T_y = 2,500$        $K_y = 2,000$   
 $T_y = 1,026$        $K_y = \dots\dots\dots?$

Maka untuk mendapatkan nilai  $K$  dari  $T_y$  harus di interpolasi terlebih dahulu sebagai berikut :

$$K_y = 1,000 + \left[ \frac{1,026 - 0,500}{2,500 - 0,500} \right] \times 2,000 - 1,000$$

$$= 1,263$$

Maka nilai  $K$  :

$$K_x = 1,482$$

$$K_y = 1,263$$

• Gaya Gempa Lateral

Lantai	Weight (Wi) Kg	Tinggi (hi) m	$W_i \times h_i^{K_x}$	$W_i \times h_i^{K_y}$	$F_X$ (kg)	$F_Y$ (kg)
Lantai Atap	129328,81	58,0	52992432,3	21822516,8	7420,74	6750,94
Lantai 15	711588,62	54,5	265889023,6	110993558,0	37233,52	34336,59
Lantai 14	774568,62	51,0	262316199,5	111101782,8	36733,20	34370,07
Lantai 13	774568,62	47,5	236092112,6	101560288,2	33060,93	31418,34
Lantai 12	774568,62	44,0	210782735,3	92202060,4	29516,76	28523,32
Lantai 11	774568,62	40,5	186425154,9	83037753,3	26105,87	25688,28
Lantai 10	774568,62	37,0	163061243,5	74079607,6	22834,13	22917,01
Lantai 9	774568,62	33,5	140738778,5	65341859,1	19708,22	20213,93
Lantai 8	774568,62	30,0	119512968,7	56841305,0	16735,88	17584,23
Lantai 7	774568,62	26,5	99448596,4	48598116,1	13926,19	15034,15
Lantai 6	774568,62	23,0	80623135,6	40637048,1	11289,98	12571,34
Lantai 5	774568,62	19,5	63131509,3	32989338,7	8840,56	10205,47
Lantai 4	774568,62	16,0	47093790,8	25695876,4	6594,73	7949,19
Lantai 3	774568,62	12,5	32668717,1	18812964,8	4574,73	5819,91
Lantai 2	895528,62	9,0	23216125,6	14364408,8	3251,05	4443,72
<b>Total</b>	<b>11031269,42</b>		<b>1983992523,67</b>	<b>898078484,12</b>	<b>277826,50</b>	<b>277826,50</b>

Tabel 4.12. Gaya lateral gempa

Maka nilai  $V_x$  dan  $V_y$  :

$$V_x = 277826,499 \text{ Kg}$$

$$= 277,826 \text{ Ton}$$

$$V_y = 277826,499 \text{ Kg}$$

$$= 277,826 \text{ Ton}$$

Lantai	Pergitungan beban gempa 100% yang di tinjau dan 30 % arah tegak lurus			
	Fx ( kg)	30 % Fx (kg)	Fz ( kg)	30 % Fy (kg)
Lantai Atap	7420,740	2226,222	6750,940	2025,282
Lantai 15	37233,520	11170,056	34336,590	10300,977
Lantai 14	36733,200	11019,960	34370,070	10311,021
Lantai 13	33060,930	9918,279	31418,340	9425,502
Lantai 12	29516,760	8855,028	28523,320	8556,996
Lantai 11	26105,870	7831,761	25688,280	7706,484
Lantai 10	22834,130	6850,239	22917,010	6875,103
Lantai 9	19708,220	5912,466	20213,930	6064,179
Lantai 8	16735,880	5020,764	17584,230	5275,269
Lantai 7	13926,190	4177,857	15034,150	4510,245
Lantai 6	11289,980	3386,994	12571,340	3771,402
Lantai 5	8840,560	2652,168	10205,470	3061,641
Lantai 4	6594,730	1978,419	7949,190	2384,757
Lantai 3	4574,730	1372,419	5819,910	1745,973
Lantai 2	3251,050	975,315	4443,720	1333,116
<i>Total</i>	<b>277826,490</b>	<b>83347,947</b>	<b>277826,49</b>	<b>83347,95</b>

Tabel 4.13. Beban lantai yang sudah dipengaruhi beban gempa

• Pengaruh beban gempa vertical

$$E_v = 0,2 S_{DS} D$$

$$E_v = 0,2 \times 0,562 g D$$

$$= 0,1124 \times D$$

$$P = 1,3$$

Pasal 7.3.4.2  
SNI 1726 : 2012

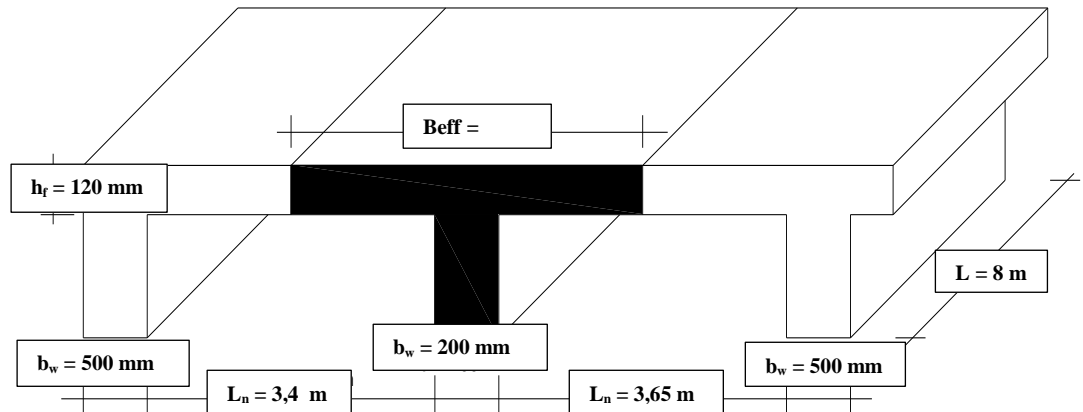


## Kombinasi Pembebanan

1	1,4 D
2	1,2 D + 1,6 L
3	$1,2 D + 1 L + 0,3 \left[ 1,3 Q_{ex} + 0,2 S_{Ds} D \right] + 1 \left[ 1,3 Q_{ey} + 0,2 S_{Ds} D \right]$ $1,23 D + 1 L + 0,39 Q_{ex} + 1,3 Q_{ey}$
4	$1,2 D + 1 L - 0,3 \left[ 1,3 Q_{ex} + 0,2 S_{Ds} D \right] + 1 \left[ 1,3 Q_{ey} + 0,2 S_{Ds} D \right]$ $1,22 D + 1 L - 0,39 Q_{ex} + 1,3 Q_{ey}$
5	$1,2 D + 1 L + 0,3 \left[ 1,3 Q_{ex} + 0,2 S_{Ds} D \right] - 1 \left[ 1,3 Q_{ey} + 0,2 S_{Ds} D \right]$ $1,18 D + 1 L + 0,39 Q_{ex} - 1,3 Q_{ey}$
6	$1,2 D + 1 L - 0,3 \left[ 1,3 Q_{ex} + 0,2 S_{Ds} D \right] - 1 \left[ 1,300 Q_{ey} + 0,2 S_{Ds} D \right]$ $1,17 D + 1 L - 0,39 Q_{ex} - 1,3 Q_{ey}$
7	$1,2 D + 1 L + 1 \left[ 1,3 Q_{ex} + 0,2 S_{Ds} D \right] + 0,3 \left[ 1,300 Q_{ey} + 0,2 S_{Ds} D \right]$ $1,23 D + 1 L + 1,3 Q_{ex} + 0,39 Q_{ey}$
8	$1,2 D + 1 L - 1 \left[ 1,3 Q_{ex} + 0,2 S_{Ds} D \right] + 0,3 \left[ 1,300 Q_{ey} + 0,2 S_{Ds} D \right]$ $1,18 D + 1 L - 1,3 Q_{ex} + 0,39 Q_{ey}$
9	$1,2 D + 1 L + 1 \left[ 1,3 Q_{ex} + 0,2 S_{Ds} D \right] - 0,3 \left[ 1,300 Q_{ey} + 0,2 S_{Ds} D \right]$ $1,22 D + 1 L + 1,3 Q_{ex} - 0,39 Q_{ey}$
10	$1,2 D + 1 L - 1 \left[ 1,3 Q_{ex} + 0,2 S_{Ds} D \right] - 0,3 \left[ 1,300 Q_{ey} + 0,2 S_{Ds} D \right]$ $1,17 D + 1 L - 1,3 Q_{ex} - 0,39 Q_{ey}$
11	$0,9 D + 1 L + 0,3 \left[ 1,3 Q_{ex} - 0,2 S_{Ds} D \right] + 1 \left[ 1,300 Q_{ey} - 0,2 S_{Ds} D \right]$ $0,87 D + 1 L + 0,39 Q_{ex} + 1,3 Q_{ey}$
12	$0,9 D + 1 L - 0,3 \left[ 1,3 Q_{ex} - 0,2 S_{Ds} D \right] + 1 \left[ 1,300 Q_{ey} - 0,2 S_{Ds} D \right]$ $0,88 D + 1 L - 0,39 Q_{ex} + 1,3 Q_{ey}$
13	$0,9 D + 1 L + 0,3 \left[ 1,3 Q_{ex} - 0,2 S_{Ds} D \right] - 1 \left[ 1,300 Q_{ey} - 0,2 S_{Ds} D \right]$ $0,92 D + 1 L + 0,39 Q_{ex} - 1,3 Q_{ey}$
14	$0,9 D + 1 L - 0,3 \left[ 1,3 Q_{ex} - 0,2 S_{Ds} D \right] - 1 \left[ 1,300 Q_{ey} - 0,2 S_{Ds} D \right]$ $0,93 D + 1 L - 0,39 Q_{ex} - 1,3 Q_{ey}$
15	$0,9 D + 1 L + 1 \left[ 1,3 Q_{ex} - 0,2 S_{Ds} D \right] + 0,3 \left[ 1,300 Q_{ey} - 0,2 S_{Ds} D \right]$ $0,87 D + 1 L + 1,3 Q_{ex} + 0,39 Q_{ey}$
16	$0,9 D + 1 L - 1 \left[ 1,3 Q_{ex} - 0,2 S_{Ds} D \right] + 0,3 \left[ 1,300 Q_{ey} - 0,2 S_{Ds} D \right]$ $0,92 D + 1 L - 1,3 Q_{ex} + 0,39 Q_{ey}$
17	$0,9 D + 1 L + 1 \left[ 1,3 Q_{ex} - 0,2 S_{Ds} D \right] - 0,3 \left[ 1,300 Q_{ey} - 0,2 S_{Ds} D \right]$ $0,88 D + 1 L + 1,3 Q_{ex} - 0,39 Q_{ey}$
18	$0,9 D + 1 L - 1 \left[ 1,3 Q_{ex} - 0,2 S_{Ds} D \right] - 0,3 \left[ 1,300 Q_{ey} - 0,2 S_{Ds} D \right]$ $0,93 D + 1 L - 1,3 Q_{ex} - 0,39 Q_{ey}$

### 4.3 Perencanaan Balok T dan Balok L

Desain 1



Diketahui :

Jarak antar balok induk dengan anak ( $L_n$ ) = 3,4 m = 3400 mm

Panjang antara balok induk = 8 m = 8000 mm

Balok induk (B1) = 50/75

Dimana :

-  $b = 50 \text{ cm} = 500 \text{ mm}$

-  $h = 75 \text{ cm} = 750 \text{ mm}$

Balok anak (B2) = 20/40

Dimana :

-  $b = 20 \text{ cm} = 200 \text{ mm}$

-  $h = 40 \text{ cm} = 400 \text{ mm}$

- Lebar flens balok T efektif ( $b_{eff}$ )

$$b_{eff} = 16h_f + b_w$$

$$- b_{eff} = (16.120) + 200 = 2120 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = l_n + b_w$$

$$- \quad b_{eff} = 3400 + 200 = 3600 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = \frac{1}{4} \cdot L$$

$$- \quad b_{eff} = \frac{1}{4} \cdot 8000 = 2000 \text{ mm}$$

Dipakai nilai  $b_{eff}$  terkecil untuk balok T (B2) yaitu = 2000 mm

- Lebar flens balok T efektif ( $b_{eff}$ )

$$b_{eff} = 16h_f + b_w$$

$$- \quad b_{eff} = (16 \cdot 120) + 500 = 2420 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = l_n + b_w$$

$$- \quad b_{eff} = 3650 + 500 = 4150 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = \frac{1}{4} \cdot L$$

$$- \quad b_{eff} = \frac{1}{4} \cdot 8000 = 2000 \text{ mm}$$

Dipakai nilai  $b_{eff}$  terkecil untuk balok T (B1) yaitu = 2000 mm

- Lebar flens balok L efektif ( $b_{eff}$ )

$$b_{eff} = 6h_f + b_w$$

$$- \quad b_{eff} = (6 \cdot 120) + 500 = 1220 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = 0,5l_n + b_w$$

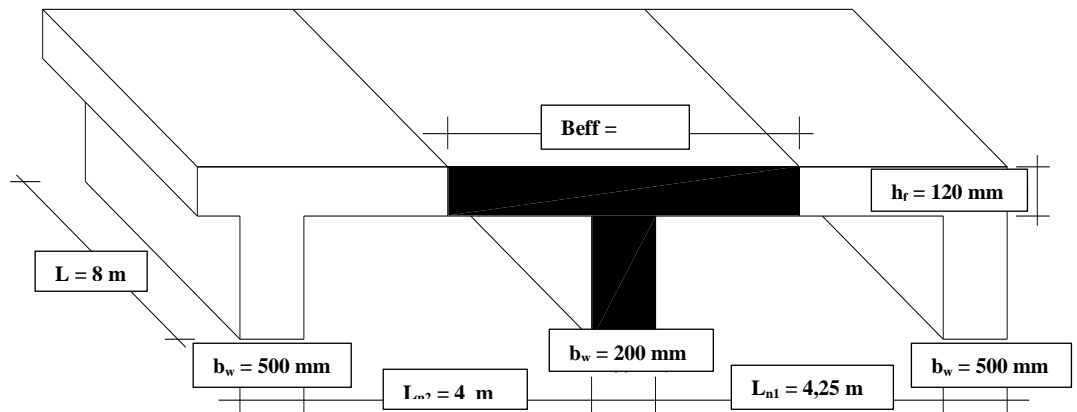
$$- \quad b_{eff} = 0,5 \cdot 3400 + 500 = 2200 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = \frac{1}{12} \cdot L$$

$$- \quad b_{eff} = \frac{1}{12} \cdot 8000 = 666,667 \text{ mm}$$

Dipakai nilai  $b_{eff}$  terkecil untuk balok L yaitu = 666,667 mm

## Desain 2



Diketahui :

Jarak antar balok induk dengan anak ( $L_{n1}$ ) = 5 m = 4000 mm

Panjang antara balok induk = 9 m = 9000 mm

Balok induk (B1) = 50/75

Dimana :

-  $b = 50 \text{ cm} = 500 \text{ mm}$

-  $h = 75 \text{ cm} = 750 \text{ mm}$

Balok anak (B2) = 20/40

Dimana :

-  $b = 20 \text{ cm} = 200 \text{ mm}$

-  $h = 40 \text{ cm} = 400 \text{ mm}$

- Lebar flens balok T efektif ( $b_{eff}$ )

$$b_{eff} = 16h_f + b_w$$

$$- b_{eff} = (16.120) + 200 = 2120 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = l_n + b_w$$

$$- b_{eff} = 4000 + 200 = 4200 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = \frac{1}{4} \cdot L$$

$$- \quad b_{eff} = \frac{1}{4} \cdot 9000 = 2250 \text{ mm}$$

Dipakai nilai  $b_{eff}$  terkecil untuk balok T (B2) yaitu = 2120 mm

- Lebar flens balok L efektif ( $b_{eff}$ )

$$b_{eff} = 6h_f + b_w$$

$$- \quad b_{eff} = (6 \cdot 120) + 500 = 1220 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = 0,5l_n + b_w$$

$$- \quad b_{eff} = 0,5 \cdot 4250 + 500 = 2625 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = L + b_w$$

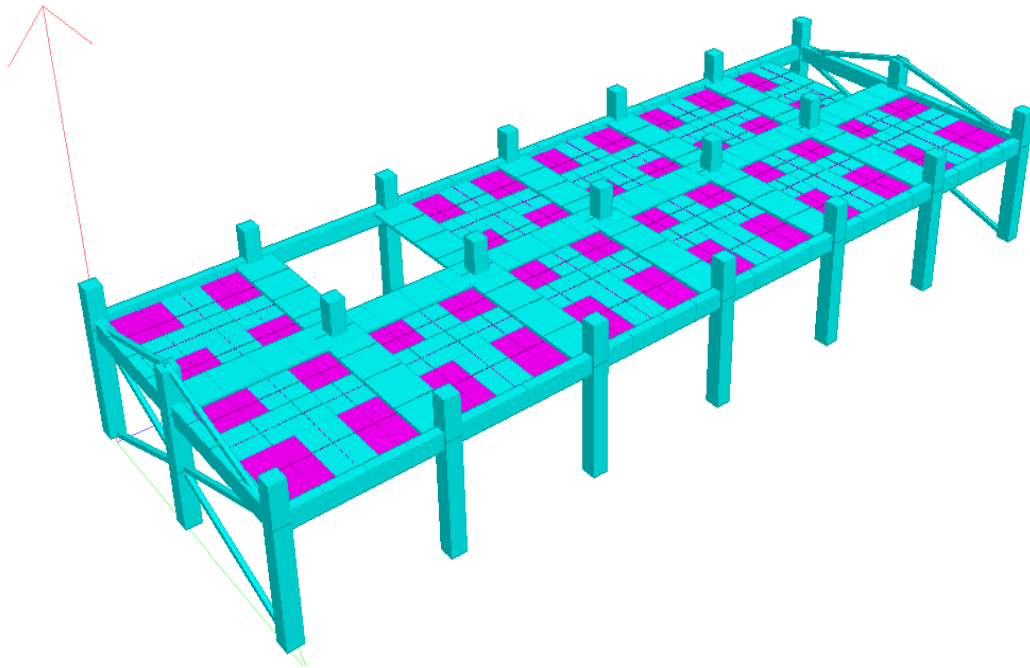
$$- \quad b_{eff} = 9000 + 500 = 9500 \text{ mm}$$

Dipakai nilai  $b_{eff}$  terkecil untuk balok L yaitu = 1220 mm

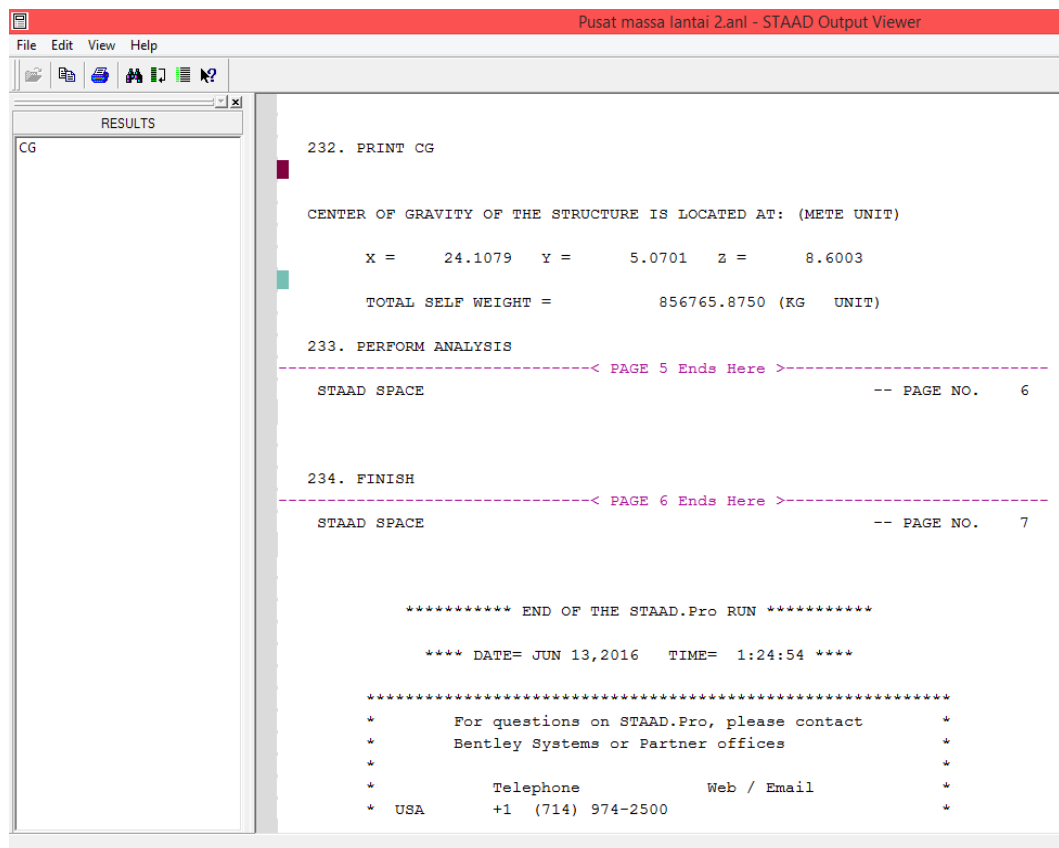
#### 4.4 Perhitungan Pusat Massa Lantai (CG)

Untuk mencari berat lantai tiap lantai dengan bantuan program bantu *Staad Pro V8i* dengan cara memotong tiap lantai dengan ketinggian kolom setengahnya ke atas terhadap lantai yang ditinjau dan setengahnya tinggi kolom ke bawah terhadap lantai yang ditinjau. Kemudian salah satu titik ujung kolom diberi tumpuan jepit untuk mengetahui reaksi yang nantinya menjadi berat lantai tersebut.

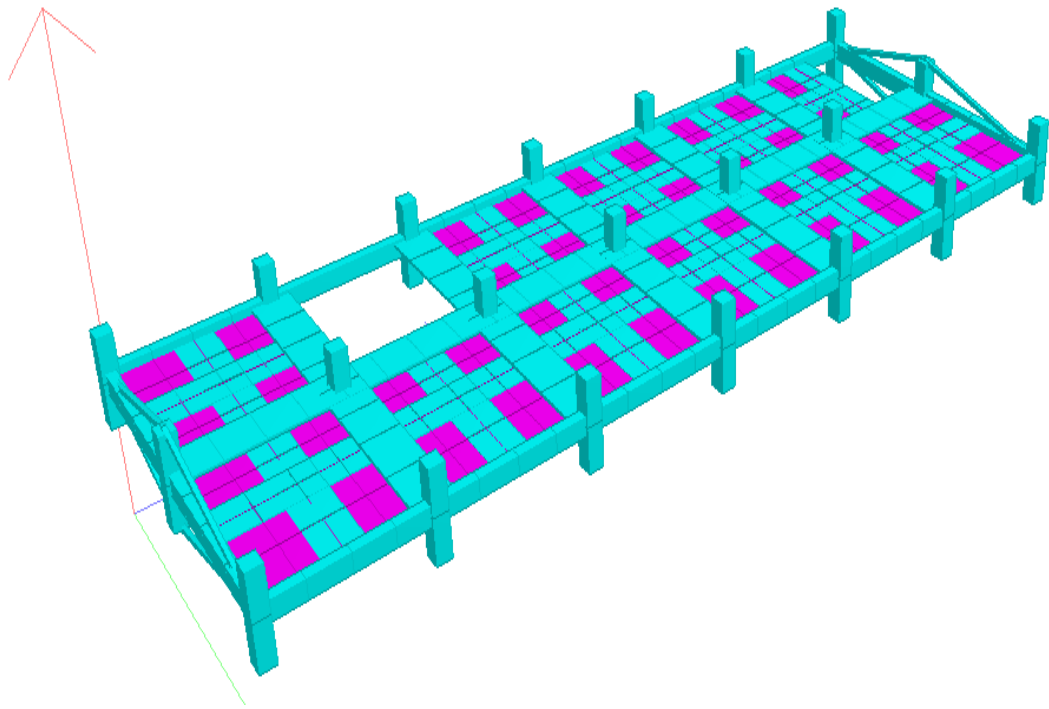
Mencari pusat massa pada masing-masing lantai dengan menambahkan perintah *CG (Center Gravity)* memilih *command* lalu pilih *post-analysis print*, klik *CG*. Untuk hasil perhitungan pusat massa dan berat tiap lantai dengan cara dianalisa menggunakan perintah *CG (Center Gravity)* pada program bantu *Staad Pro V8i* dengan memasukkan dimensi struktur, beban mati, dan beban hidup bisa dilihat sebagai berikut :



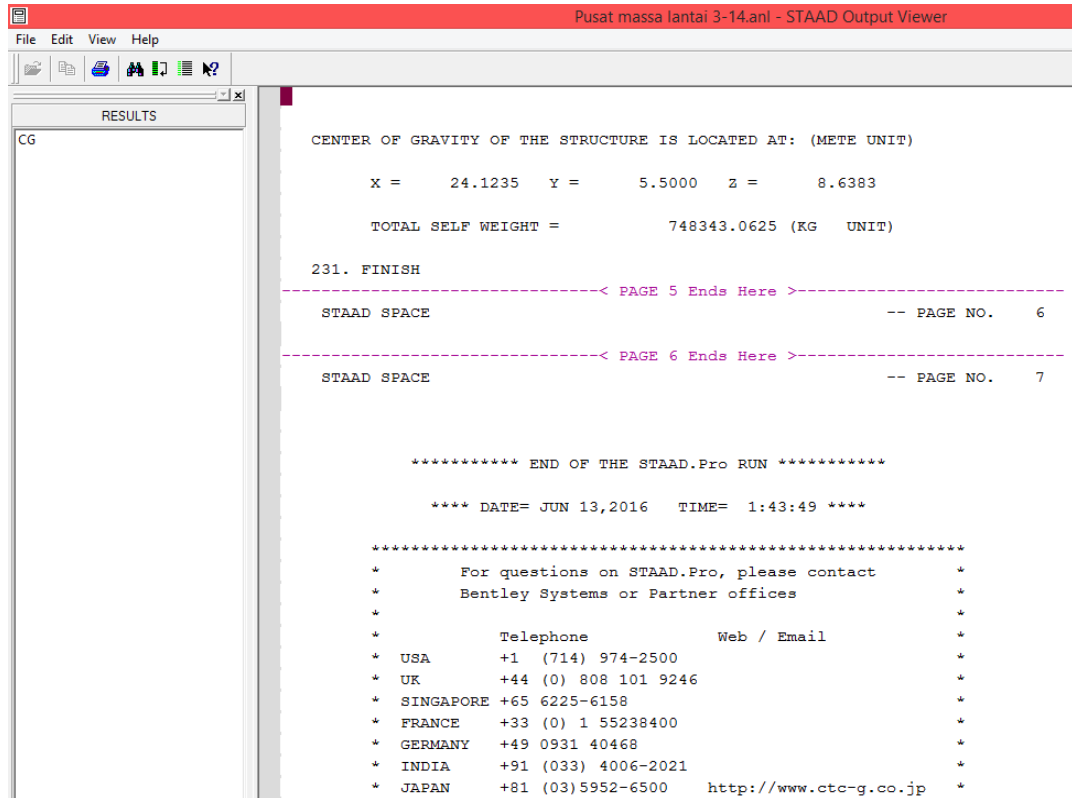
*Gambar 4.2. Pemodelan 3 dimensi pusat massa lantai 2*



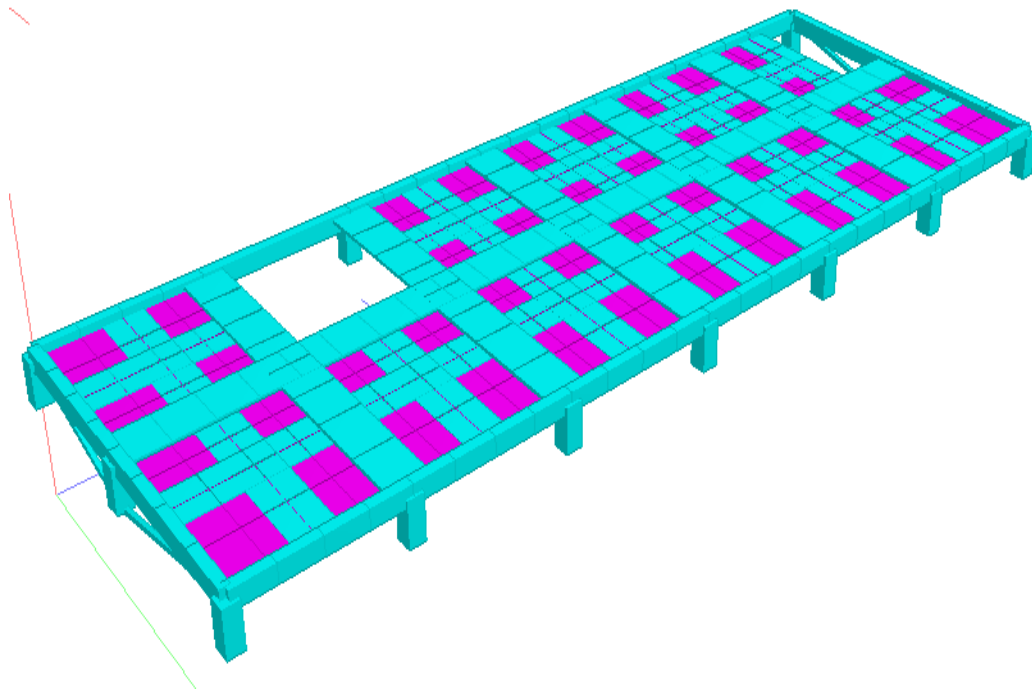
*Gambar 4.3. Output pusat massa lantai 2*



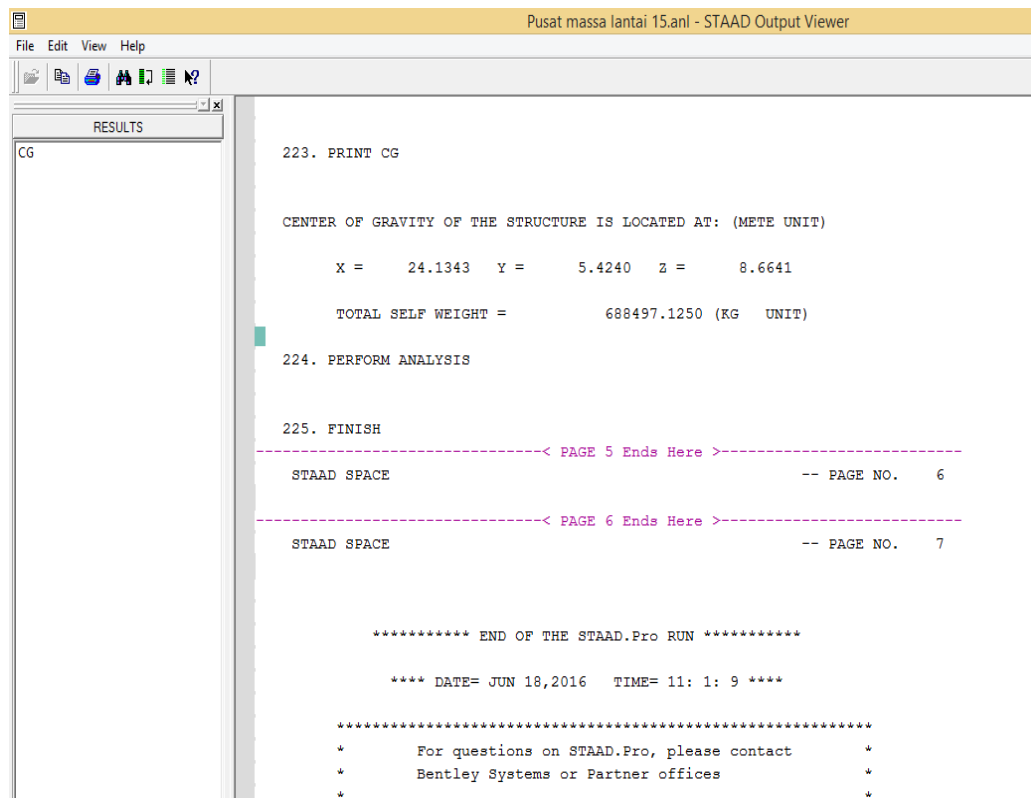
Gambar 4.4. Pemodelan 3 dimensi pusat massa lantai 3 – 14



Gambar 4.5. Output pusat massa lantai 3 – 14



*Gambar 4.6. Pemodelan 3 dimensi pusat massa lantai 15 dan 16*



*Gambar 4.7. Output pusat massa lantai 15 dan 16*

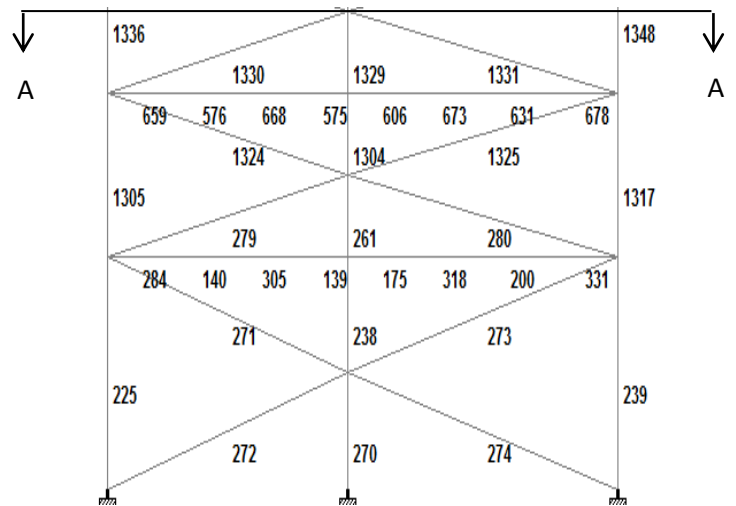
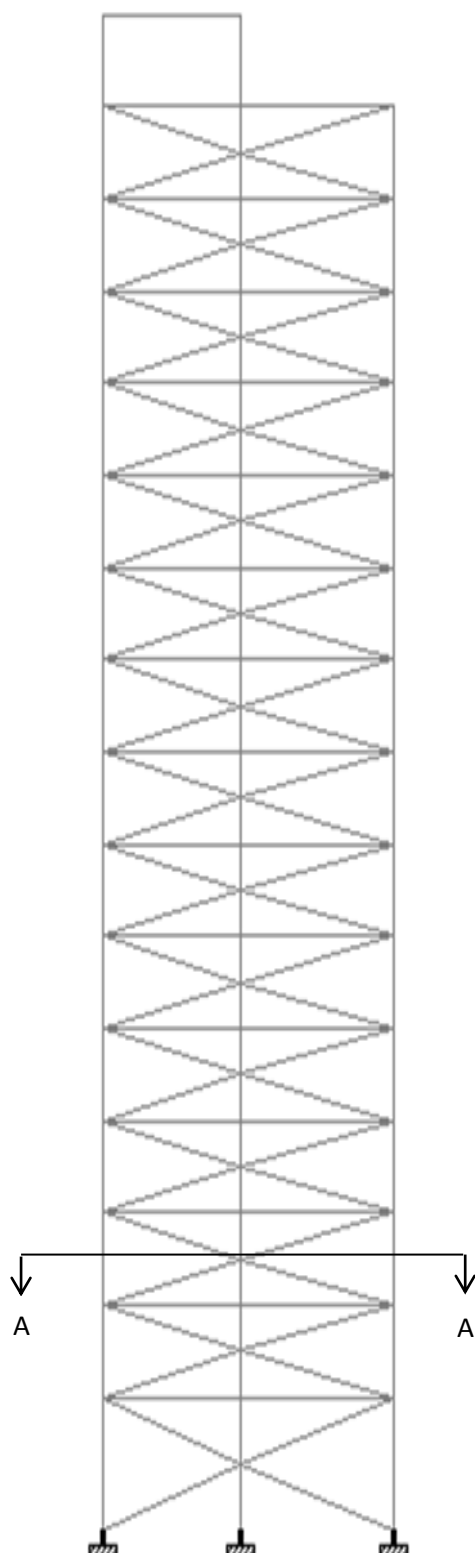


Lantai	Pusat Massa			Berat Lantai
	X	Y	Z	(Kg)
15 dan 16	24,1343	3,5000	8,6641	856765,8750
3 – 14	24,1235	3,5000	8,6383	748343,0625
2	24,1079	5,5000	8,6003	844300,5625

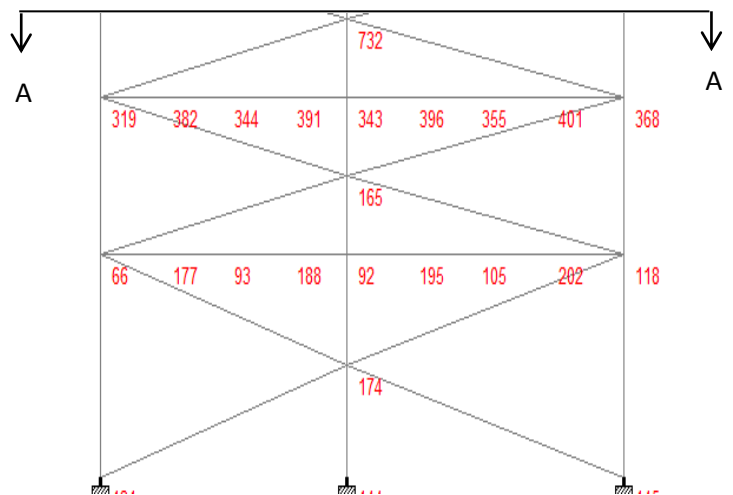
*Tabel 4.14. Hasil perhitungan pusat massa dan berat tiap lantai*

#### **4.5 Perhitungan Statika**

Setelah dilakukan input data pada program bantu Staad Pro V8i sesuai dengan perhitungan diatas, untuk analisa perencanaan diambil perhitungan pada portal line 1 lantai 1 dan 2



Gambar : No. Batang Portal



Gambar : No. Titik Portal

Keterangan : Portal yang digunakan dalam analisa perhitungan diambil sampel portal lantai 1 dan 2 potongan A-A

Gambar 4.8. Potongan portal line 1 dan potongan portal line 1 sampai perhitungan

Lantai	Joint	Momen Lapangan (+)	Momen Tumpuan (-)	Keterangan
		(Nmm)	(Nmm)	
		Mu+	Mu-	
2	66	525856000	0	Tumpuan Kiri
	93	0	217556000	Lapangan
	92	571580000	0	Tumpuan Kanan
	92	571580000	0	Tumpuan Kiri
	105	0	270103000	Lapangan
	118	592767000	0	Tumpuan Kanan
3	319	557185000	0	Tumpuan Kiri
	344	0	216140000	Lapangan
	343	556306000	0	Tumpuan Kanan
	343	556306000	0	Tumpuan Kiri
	355	0	275894000	Lapangan
	368	633287000	0	Tumpuan Kanan

*Tabel 4.15. Hasil pembacaan momen pada balok*

Lantai	Node	Nomor Batang	Momen		Gaya Normal (Kg)		Gaya Normal (KN)	
					Fx		Fx	
			(Kg.cm)	(KN.m)	+	-	+	-
2	131	225	2760545,140	270,717	1471610	1482370	14431,564	14537,084
	66		2832231,190	277,747				
	144	270	3296722,122	323,298	1834040	1839420	17985,788	18038,548
	174		1275940,306	125,127				
	174	238	1275940,306	125,127	1828680	1834060	17933,225	17985,984
	92		3916118,144	384,040				
	145	239	2803566,967	274,936	1537540	1548310	15078,117	15183,734
	118		2898492,350	284,245				
3	66	1305	3785625,061	371,243	1408220	1376480	13498,658	13498,658
	319		3441032,361	337,450				
	92	261	5668051,781	555,846	1728730	1712850	16953,050	16797,320
	165		268797,194	26,360				
	165	1304	268797,194	26,360	1712830	1696950	16797,124	16641,395
	343		5197503,735	509,701				
	118	1317	3918524,675	384,276	1470850	1439100	14424,111	14112,75
	368		3600556,765	353,094				

Tabel 4.16. Pembacaan momen pada kolom

Lantai	No. Batang	Momen		Gaya Normal (Kg)	Gaya Normal (KN)
		Kg.cm	KN.m	Fx	Fx
1	272	82933,520	8,133	26104,313	255,996
	271	90234,689	8,849	28126,445	275,826
	273	101573,932	9,961	24777,509	242,984
	274	100615,399	9,867	23506,569	230,521
2	279	86186,414	8,452	24590,797	241,153
	1324	87348,891	8,566	19266,187	188,937
	280	103154,492	10,116	22975,952	225,317
	1325	98677,938	9,677	17957,966	176,107

*Tabel 4.17. Pembacaan momen pada bresing*



#### 4.6 Simpangan Antarlantai (Story Drift) $\Delta a$

Dari analisis software Staad Pro didapat simpangan yang terjadi pada masing – masing lantai. Berdasarkan SNI 1726-2012, simpangan antarlantai hanya ada kondisi kinerja batas ultimit saja.

Perhitungan simpangan antarlantai (story drift) kinerja batas ultimit pada lantai 15 arah sumbu X :

- Nilai perpindahan elastis (total drift) dari STAAD Pro yang dihitung akibat gaya gempa pada lantai 15, yaitu 1,3284 cm. Jadi nilai  $\delta_{e15} = 13,284$  mm
- Nilai perpindahan elastis (total drift) dari STAAD Pro yang dihitung akibat gaya gempa pada lantai 14, yaitu 1,3228 cm. Jadi nilai  $\delta_{e14} = 13,228$  mm
- Hitung simpangan atau perpindahan antarlantai untuk lantai 15 yaitu dengan persamaan :  $(\delta_{e15} - \delta_{e14}) = 13,284 - 13,228 = 0,056$  mm
- Hitung nilai perpindahan antarlantai (story drift) yang diperbesar, yaitu :

$$\frac{(\delta_{e7} - \delta_{e6})}{I_e} C_d = 0,308 \text{ mm}$$

Story Drift  $\Delta a$  antarlantai tidak boleh lebih besar dari :

$$\Delta a = 0,020 h_{sx} \dots\dots\dots \text{SNI 1726-2012 Pasal 7.12.1}$$

Untuk lantai 2 dimana  $h = 5,50$  m, maka :

$$\Delta a = 0,020 \times 5,50 = 0,11 \text{ m} = 110 \text{ mm}$$

Untuk lantai 3 - Atap dimana  $h = 3,50$  m, maka :

$$\Delta a = 0,020 \times 3,5 = 0,07 \text{ m} = 70 \text{ mm}$$

Cek nilai simpangan antarlantai (story drift) pada lantai 15, yaitu

$$0,308 \text{ mm} < 70 \dots\dots\dots \text{OK !}$$

Hasil perhitungan simpangan antarlantai (story drift) selanjutnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Lantai	Total Drift	Perpindahan	Story Drift	Story Drift Izin	Story Drift < $\Delta_a$
	(mm)	(mm)	(mm)	$\Delta_a$	
Atap	13,284	0,056	0,308	70	OK
15	13,228	0,217	1,194	70	OK
14	13,011	0,377	2,073	70	OK
13	12,634	0,525	2,888	70	OK
12	12,109	0,658	3,619	70	OK
11	11,451	0,781	4,296	70	OK
10	10,670	0,890	4,895	70	OK
9	9,780	0,987	5,429	70	OK
8	8,793	1,074	5,907	70	OK
7	7,719	1,142	6,281	70	OK
6	6,577	1,207	6,639	70	OK
5	5,37	1,256	6,908	70	OK
4	4,114	1,295	7,1225	70	OK
3	2,819	1,314	7,227	70	OK
2	1,505	1,505	8,278	110	OK

*Tabel 4.18. Story drift arah sumbu X*



Perhitungan simpangan antarlantai (story drift) kinerja batas ultimit pada lantai 15 arah sumbu Z :

- Nilai perpindahan elastis (total drift) dari STAAD Pro yang dihitung akibat gaya gempa pada lantai 15, yaitu 2,1570 cm. Jadi nilai  $\delta_{e15} = 21,570$  mm
- Nilai perpindahan elastis (total drift) dari STAAD Pro yang dihitung akibat gaya gempa pada lantai 14, yaitu 2,0527 cm. Jadi nilai  $\delta_{e14} = 20,527$  mm
- Hitung simpangan atau perpindahan antarlantai untuk lantai 15 yaitu dengan persamaan :  $(\delta_{e15} - \delta_{e14}) = 21,570 - 20,527 = 1,043$  mm
- Hitung nilai perpindahan antarlantai (story drift) yang diperbesar, yaitu :

$$\frac{(\delta_{e7} - \delta_{e6})}{I_e} C_d = 5,737 \text{ mm}$$

Story Drift  $\Delta a$  antarlantai tidak boleh lebih besar dari :

$$\Delta a = 0,020 h_{sx} \dots\dots\dots \text{SNI 1726-2012 Pasal 7.12.1}$$

Untuk lantai 2 dimana  $h = 5,50$  m, maka :

$$\Delta a = 0,020 \times 5,50 = 0,11 \text{ m} = 110 \text{ mm}$$

Untuk lantai 3 - Atap dimana  $h = 3,50$  m, maka :

$$\Delta a = 0,020 \times 3,5 = 0,07 \text{ m} = 70 \text{ mm}$$

Cek nilai simpangan antarlantai (story drift) pada lantai 15, yaitu

$$5,737 \text{ mm} < 70 \dots\dots\dots \text{OK !}$$

Hasil perhitungan simpangan antarlantai (story drift) selanjutnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Lantai	Total Drift	Perpindahan	Story Drift	Story Drift Izin	Story Drift < $\Delta_a$
	(mm)	(mm)	(mm)	$\Delta_a$	
Atap	21,570	1,043	5,737	70	OK
15	20,527	1,168	6,424	70	OK
14	19,359	1,285	7,068	70	OK
13	18,074	1,392	7,656	70	OK
12	16,682	1,481	8,145	70	OK
11	15,201	1,550	8,525	70	OK
10	13,651	1,597	8,784	70	OK
9	12,054	1,625	8,938	70	OK
8	10,429	1,630	8,965	70	OK
7	8,799	1,615	8,883	70	OK
6	7,184	1,578	8,679	70	OK
5	5,606	1,520	8,36	70	OK
4	4,086	1,435	7,8925	70	OK
3	2,651	1,307	7,189	70	OK
2	1,344	1,344	7,392	110	OK

*Tabel 4.19. Story drift arah sumbu Z*

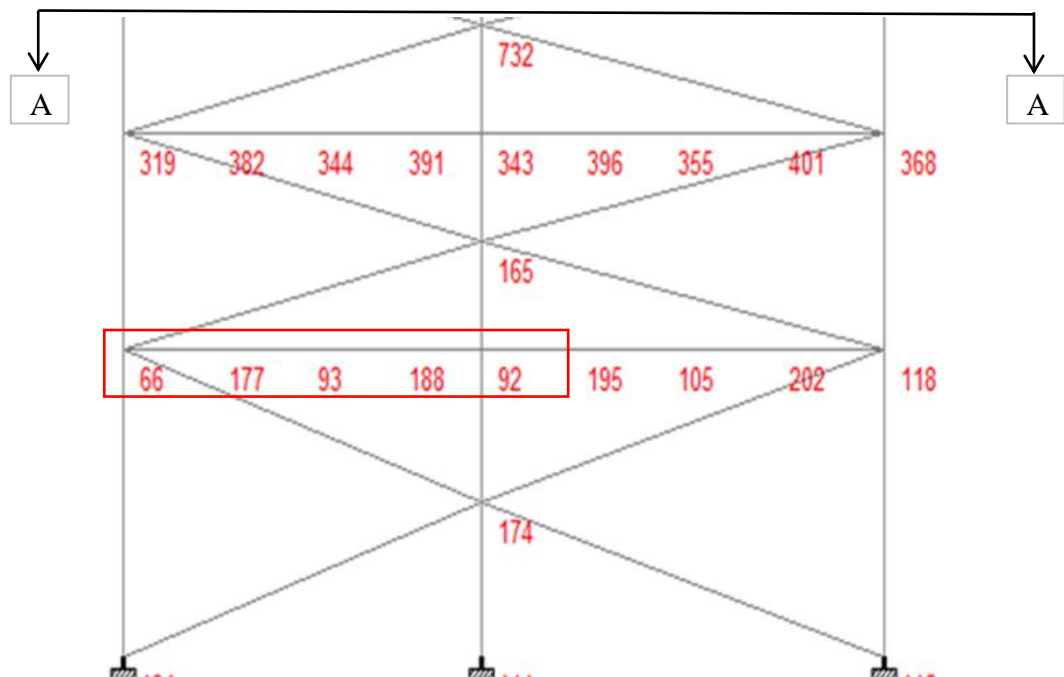
## BAB 5

### PENULANGAN STRUKTUR

#### 5.1 Perhitungan Penulangan Balok

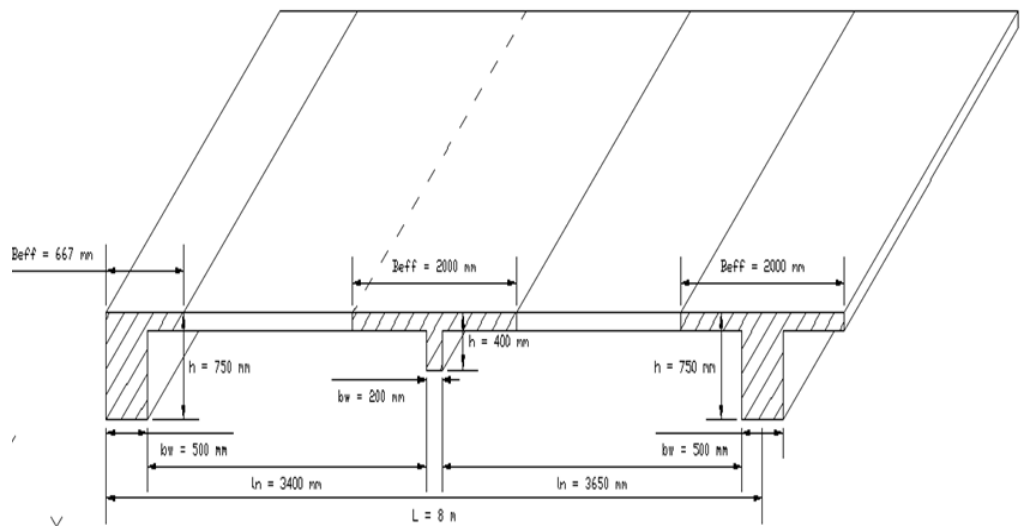
- |                              |                                 |
|------------------------------|---------------------------------|
| • Tebal plat lantai = 120 mm | • Mutu Beton = 35 Mpa           |
| • Tinggi Balok = 750 mm      | • Mutu Tulangan tarik = 390 Mpa |
| • Lebar Balok = 500 mm       | • Dia. Tul. Sengkang = 10 mm    |
| • Dia. Tul. Tarik = 22 mm    | • Mutu Tul. Sengkang = 240 Mpa  |
| • Tebal selimut = 40 mm      | • $\beta_1$ = 0,81              |
| • Tebal plat atap = 100 mm   | • Panjang Bentang = 8000 mm     |

#### 5.1.1 Perhitungan Penulangan Balok Pada Portal Line 1 Potongan A-A

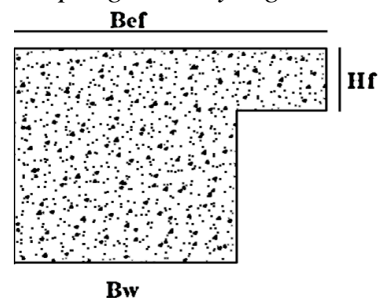


Gambar 5.1. Portal memanjang line 1 dan letak balok yang direncanakan

- Penulangan Lentur balok L
 
$$\begin{aligned}
 d' &= \text{Tebal Selimut Beton} + \text{diameter sengkang} + 1/2 \text{ dia. Tul. Tarik} \\
 &= 40 + 10 + 1/2 \times 22 \\
 &= 61 \text{ mm} \\
 d &= h - d' \\
 &= 750 - 61 \\
 &= 689 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 5.2. Penampang balok yang akan direncanakan



Gambar 5.3. Panjang beff

$b_w$	=	500	mm
$h_f$	=	120	mm
$h$	=	750	mm
$L$	=	8000	mm

- Menentukan lebar manfaat balok L yang mempunyai flens satu sisi.

$$b_{eff} \leq 1/12 \text{ dari bentang balok (panjang balok)}$$

$$\leq 1/12 \times 8000 = 667 \text{ mm}$$

$$b_{eff} \leq b_w + 6 \text{ kali tebal plat}$$

$$\leq 500 + 6 \times 120 = 1220 \text{ mm}$$

$$b_{eff} \leq b_w + 1/2 \text{ jarak bersih dari badan balok yang bersebelahan}$$

$$\leq 500 + 1/2 \times 3400 = 2200 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai Nilai terkecil} = 667 \text{ mm}$$

Tulangan minimal sedikitnya harus dihitung menurut SNI 2847- 2013

Pasal 10.5.1 :

$$A_{s_{min}} = \frac{0,25\sqrt{f_c}}{f_y} b_w d = \frac{0,25\sqrt{30}}{390} \times 500 \times 689 = 1306,468 \text{ mm}^2$$

dan

$$A_{s_{min}} = \frac{1,4}{f_y} \times b_w \times d = \frac{1,4}{390} \times 500 \times 689 = 1236,6667 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{s_{min}}}{1/4 \pi \phi^2} = \frac{1306,468}{1/4 \cdot \pi \cdot 22^2} = 3,439 = 4$$

Maka dipakai tulangan minim: :

$$4 \text{ D } 22 \text{ (} A_s = 1519,760 \text{ mm}^2 > 1306,468 \text{ mm}^2 \text{)}$$

dan

$$(A_s = 1519,760 \text{ mm}^2 > 1236,667 \text{ mm}^2)$$





#### A. Perhitungan penulangan tumpuan kiri

$$\begin{aligned} \text{Mu}^+ &= 525,860 \text{ kNm} \\ &= 525860000 \text{ Nmm} \\ \text{Mu}^- &= 0 \text{ kNm} \\ &= 0 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

#### Kontrol Momen Positif

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah tekan 6 D 22 ( $A_s = 2279,640 \text{ mm}^2$ )
- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik 3 D 22 ( $A_s' = 1139,820 \text{ mm}^2$ )
- Tulangan bagi plat terpasang di sepanjang beff 6 Ø 12 ( $A_{s_{\text{plat}}} = 678,240 \text{ mm}^2$ )

$$\begin{aligned} \text{Tulangan tekan } A_{s'_{\text{plat}}} &= 6 \text{ Ø } 12 = 678,240 \text{ mm}^2 \\ A_{s'_{\text{balok}}} &= 6 \text{ D } 22 = 2279,640 \text{ mm}^2 \\ A_{s'} &= 2957,880 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Tulangan tarik } A_s = 3 \text{ D } 22 = 1139,820 \text{ mm}^2$$

y1 = Tebal selimut beton plat + 1/2. Ø tulangan plat

$$y1 = 20 + 1/2 \times 12 = 26 \text{ mm}$$

y2 = Tebal selimut beton + Ø sengkang + 1/2 D tulangan tarik

$$y2 = 40 + 10 + 1/2 \times 22 = 61 \text{ mm}$$

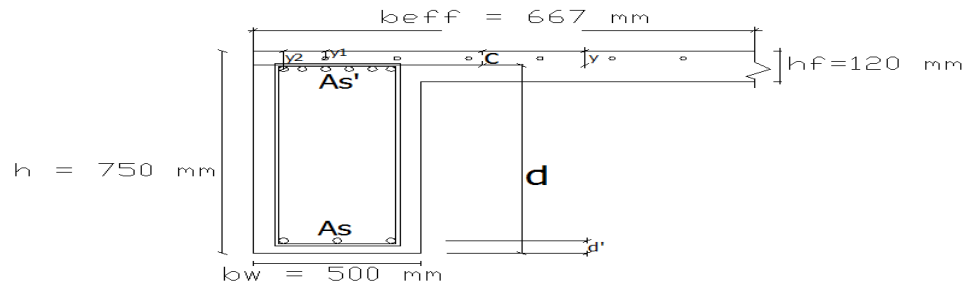
$$y = \frac{A_{s_{\text{plat}}} \times y1 + A_{s_{\text{Balok}}} \times y2}{A_{s_{\text{plat}}} + A_s}$$

$$y = d' = \frac{678,2 \times 26 + 2279,64 \times 61}{3636,12} = 43 \text{ mm}$$

$$d = 750 - 43,09 = 707 \text{ mm}$$



### Tumpuan Kiri (M+)



Gambar 5.4. Penampang balok dan diagram tegangan momen positif tumpuan kiri

Dimisalkan garis netral  $> y_2$  maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b + As' \cdot fs' = As \cdot fy$$

$$\text{Substitusi nilai : } fs' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b) + As' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = As \cdot fy$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b) \cdot c + As' \cdot (c - d') \cdot 600 = As \cdot fy \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 As' \cdot (c - d') \cdot 600 = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 As' \cdot c - 600 As' \cdot d' = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + 600 As' \cdot c - 600 As' \cdot d' - As \cdot fy \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + (600 As' - As \cdot fy) \cdot c - 600 As' \cdot d' = 0$$

$$(0,85 \cdot 35 \cdot 0,81 \cdot 500) c^2 + (600 \cdot 2279,64 - 2957,88 \cdot 390) c - 600 \cdot 1139,82 \cdot 43,0932642487047$$

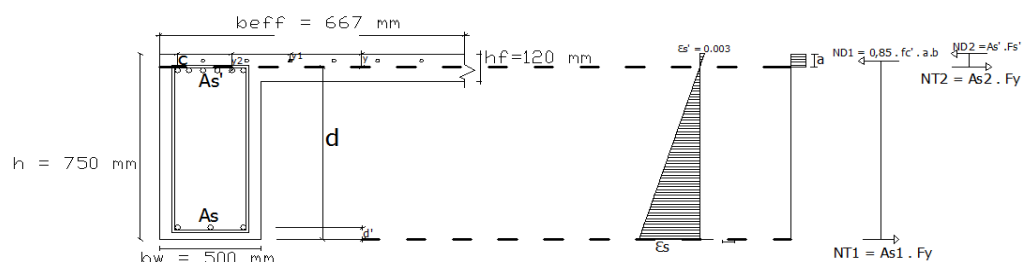
$$9862,125 c^2 + 214211 c - 29471139 = 0$$

$$c = 44,874 \text{ mm}$$

Karena  $c < y_2$ , tulangan tekan sebagian mengalami gaya tarik maka nilai  $c$

harus dihitung ulang.

Tumpuan Kiri (M+)



Gambar 5.5. Penampang balok dan diagram tegangan momen positif tumpuan kiri yang sudah dihitung ulang

Dimisalkan garis netral diantara y1 dan y2 maka perhitungan garis netral dicari

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_{eff} + A_{s_{plat}}' \cdot f_s' = A_{s1} \cdot f_s + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}}$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - y1)}{c} \times 600 \quad \text{dan} \quad f_s = f_{y_{ulir}}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_{eff}) + A_{s_{plat}}' \cdot \frac{(c - y1)}{c} \times 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_{eff}) \cdot c + A_{s_{plat}}' \cdot (c - y1) \cdot 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b_{eff}) \cdot c + A_{s_{plat}}' \cdot (c - y1) \cdot 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b_{eff}) \cdot c^2 + 600 \cdot A_{s_{plat}}' \cdot c - 600 \cdot A_{s_{plat}}' \cdot y1 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b_{eff}) \cdot c^2 + (600 \cdot A_{s_{plat}}' - A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} - A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}}) \cdot c - 600 \cdot A_{s_{plat}}' \cdot y1 = 0$$

$$(0,85 \cdot 35 \cdot 0,81 \cdot 666,666666666667) \cdot c^2 + (600 \cdot 678,24 - 2957,88 \cdot 390 - 2279,64 \cdot 390) \cdot c - 600 \cdot 678,24 \cdot 26$$

$$16065 \cdot c^2 - 1635689 \cdot c - 10580544 = 0$$

$$c = 107,92 \text{ mm}$$

$$a = \beta_1 \cdot c$$

$$= 0,81 \times 107,9 = 87,415 \text{ mm}$$

$$f_s' = \epsilon_s' \cdot E_s$$

$$= \frac{(c - y1)}{c} \times \epsilon_c \times E_s$$

$$= \frac{107,92 - 26}{107,920} \times 0,003 \times 200000 = 455,448 \text{ Mpa}$$

$$f_s = f_{y_{ulir}} = 390 \text{ Mpa}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$ND_1 = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_{eff}$$

$$= 0,85 \times 35 \times 87,41 \times 666,7$$

$$= 1733729,710 \text{ N}$$

$$ND_2 = A_s' \times f_s$$

$$= 678,24 \times 455,45$$

$$= 308903,0895 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
NT_1 &= As1 \times fy \\
&= 2957,88 \times 390 \\
&= 1153573 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
NT_2 &= As2 \times fy \\
&= 2279,64 \times 390 \\
&= 889060 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ND_1 + ND_2 &= NT_1 + NT_2 \\
1733730 + 308903,09 &= 1153573,2 + 889059,6 \\
2042633 &= 2042632,8
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_1 &= d - (1/2 \cdot a) \\
&= 706,907 - (1/2 \times 87,415) \\
&= 663,199 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_2 &= d' - y1 \\
&= 43,093 - 26,00 \\
&= 17,093 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Mn &= (NT_1 \cdot Z_1) + (NT_2 \cdot Z_2) \\
&= 1153573,2 \times 663,199 + 889059,6 \times 17,093 \\
&= 780245827,953 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Mr &= \phi \times Mn \\
&= 0,9 \times 780245827,953 \\
&= 702221245,2 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi Mn &> Mu \\
702221245,2 \text{ Nmm} &> 525860000 \text{ Nmm} \quad \textbf{(Aman)}
\end{aligned}$$

## B. Perhitungan penulangan lapangan

$$\begin{aligned} Mu^+ &= 217,55 \text{ kNm} \\ &= 217550000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah tekan 2 D 22 ( $As = 759,880 \text{ mm}^2$ )
- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik 2 D 22 ( $As' = 759,880 \text{ mm}^2$ )
- Tulangan bagi plat terpasang di sepanjang beff 6 Ø 12 ( $As_{\text{plat}} = 678,240 \text{ mm}^2$ )

### Kontrol Momen Positif

$$\begin{aligned} \text{Tulangan tekan } As'_{\text{plat}} &= 6 \text{ Ø } 12 = 678,240 \text{ mm}^2 \\ As'_{\text{balok}} &= 2 \text{ D } 22 = 759,880 \text{ mm}^2 \\ As' &= 1438,120 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Tulangan tarik } As = 2 \text{ D } 22 = 759,880 \text{ mm}^2$$

$y_1$  = Tebal selimut beton plat +  $1/2 \cdot \emptyset$  tulangan plat

$$y_1 = 20 + 1/2 \times 12 = 26 \text{ mm}$$

$y_2$  = Tebal selimut beton +  $\emptyset$  sengkang +  $1/2$  D tulangan tarik

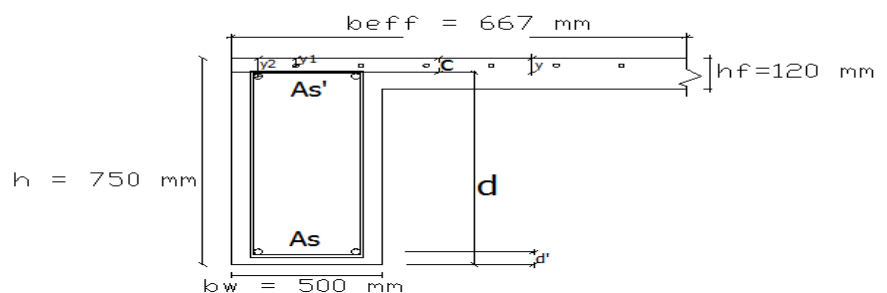
$$y_2 = 40 + 10 + 1/2 \times 22 = 61 \text{ mm}$$

$$y = \frac{As_{\text{plat}} \times y_1 + As_{\text{Balok}} \times y_2}{As_{\text{plat}} + As}$$

$$= d' = \frac{678,2 \times 26 + 759,880 \times 61}{2116,36} = 30,234 \text{ mm}$$

$$d = 750 - 30,23 = 719,766 \text{ mm}$$

### Tumpuan Lapangan (M+)



Gambar 5.6. Penampang balok dan diagram tegangan momen positif lapangan

Dimisalkan garis netral  $> y_2$  maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_s' \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s'(c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + A_s'(c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + (600 A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = 0$$

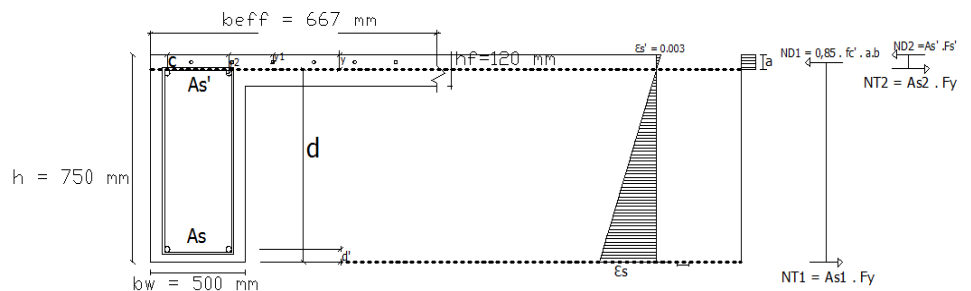
$$(0,85 \cdot 1438,12 \cdot 0,81 \cdot 500) c^2 + (600 \cdot -759,88 \cdot 390) c - 600 \cdot 759,88 \cdot 30,2344213649852$$

$$9862,13 \cdot c^2 + 566518,8 \cdot c - 13784719 = 0$$

$$c = 18,424 \text{ mm}$$

Karena  $c < y_2$ , tulangan tekan sebagian mengalami gaya tarik maka nilai  $c$  harus dihitung ulang.

Tumpuan Lapangan (M+)



G

Dimisalkan garis netral diantara  $y_1$  dan  $y_2$  maka perhitungan garis netral dicari

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff + A_{s_{plat}}' \cdot f_s' = A_{s1} \cdot f_{s1} + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}}$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - y_1)}{c} \times 600 \quad \text{dan} \quad f_{s1} = f_{y_{ulir}}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff) + A_{s_{plat}}' \frac{(c - y_1)}{c} \times 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff) \cdot c + A_{s_{plat}}' \cdot (c - y_1) \cdot 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

Substitusi nilai :  $a = \beta_1 \cdot c$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b_{eff}) \cdot c + A_{s_{plat}}' \cdot (c - y_1) \cdot 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot C$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b_{eff}) \cdot c^2 + 600 \cdot A_{s_{plat}}' \cdot c - 600 \cdot A_{s_{plat}}' \cdot y_1 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b_{eff}) \cdot c^2 + (600 \cdot A_{s_{plat}}' - A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} - A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}}) \cdot c - 600 \cdot A_{s_{plat}}' \cdot y_1 = 0$$

$$(0,85 \cdot 35 \cdot 0,81 \cdot 666,666666666667) c^2 + (600 \cdot 678,24 - 1438,12 \cdot 390 - 759,88 \cdot 390) c - 600 \cdot 678,24 \cdot 26$$

$$16065 c^2 - 450276 c - 10580544 = 0$$

$$c = 43,255 \text{ mm}$$

$$a = \beta \cdot c$$

$$= 0,81 \times 43,25 = 35,036 \text{ mm}$$

$$f_s' = \epsilon_s' \cdot E_s$$

$$= \frac{(c - y_1)}{c} \times \epsilon_c \times E_s$$

$$= \frac{43,255 - 26}{43,25} \times 0,003 \times 200000 = 239,345 \text{ Mpa}$$

$$f_s = f_{y_{ulir}} = 390 \text{ Mpa}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$ND_1 = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_{eff}$$

$$= 0,85 \times 35 \times 35,036 \times 666,7$$

$$= 694886,399 \text{ N}$$

$$ND_2 = A_{s'} \times f_s$$

$$= 678,240 \times 239,345$$

$$= 162333,601 \text{ N}$$

$$NT_1 = A_{s1} \times f_y$$

$$= 1438,120 \times 390$$

$$= 560866,800 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
NT_2 &= As_2 \times f_y \\
&= 759,880 \times 390 \\
&= 296353,200 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ND_1 + ND_2 &= NT_1 + NT_2 \\
694886,4 + 162333,6 &= 560866,8 + 296353,2 \\
857220,00 &= 857220,00
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_1 &= d - (1/2 \cdot a) \\
&= 719,766 - (1/2 \times 35,036) \\
&= 702,247 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_2 &= d' - y_1 \\
&= 30,234 - 26,00 \\
&= 4,23 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Mn &= (NT_1 \cdot Z_1) + (NT_2 \cdot Z_2) \\
&= 560866,8 \times 702,247 + 296353,2 \times 4,234 \\
&= 395122155,505 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Mr &= \phi \times Mn \\
&= 0,9 \times 395122155,505 \\
&= 355609940 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi Mn &> Mu \\
355609940 \text{ Nmm} &> 217550000 \text{ Nmm} \quad \textbf{(Aman)}
\end{aligned}$$









### C. Perhitungan penulangan tumpuan kanan

$$\begin{aligned} M_u^+ &= 535,800 \text{ kNm} \\ &= 535800000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

#### Kontrol Momen Positif

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah tekan 6 D 22 ( $A_s = 2279,640 \text{ mm}^2$ )
- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik 3 D 22 ( $A_s' = 1139,820 \text{ mm}^2$ )
- Tulangan bagi plat terpasang di sepanjang beff 6 Ø 12 ( $A_{s_{\text{plat}}} = 678,240 \text{ mm}^2$ )

$$\begin{aligned} \text{Tulangan tekan } A_{s'_{\text{plat}}} &= 6 \text{ Ø } 12 = 678,240 \text{ mm}^2 \\ A_{s'_{\text{balok}}} &= 6 \text{ D } 22 = 2279,640 \text{ mm}^2 \\ A_{s'} &= 2957,880 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Tulangan tarik } A_s = 3 \text{ D } 22 = 1139,820 \text{ mm}^2$$

$$y_1 = \text{Tebal selimut beton plat} + 1/2 \cdot \text{Ø tulangan plat}$$

$$y_1 = 20 + 1/2 \times 10 = 25 \text{ mm}$$

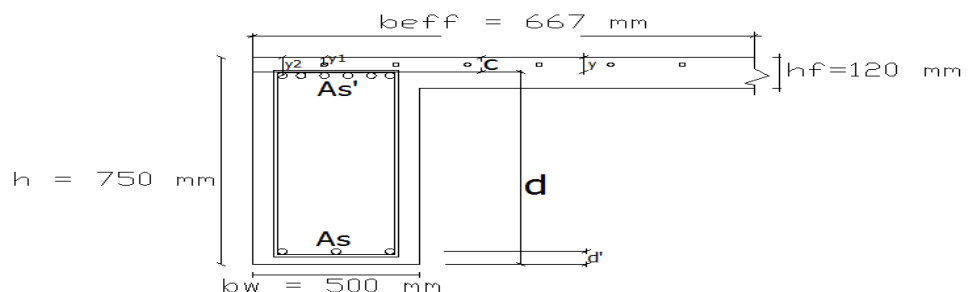
$$y_2 = \text{Tebal selimut beton} + \text{Ø sengkang} + 1/2 \text{ D tulangan tarik}$$

$$y_2 = 40 + 10 + 1/2 \times 22 = 61 \text{ mm}$$

$$y = d' = \frac{678,2 \times 25 + 2279,64 \times 61}{2957,880} = 52,745 \text{ mm}$$

$$d = 600 - 52,75 = 547,255 \text{ mm}$$

#### **Tumpuan Kanan (M+)**



Gambar 5.8. Penampang balok dan diagram tegangan momen positif tumpuan kanan

Dimisalkan garis netral  $> y_2$  maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b) + A_s' \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s'(c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + A_s'(c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f'_c \cdot \beta_1 \cdot b) c^2 + (600 A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = 0$$

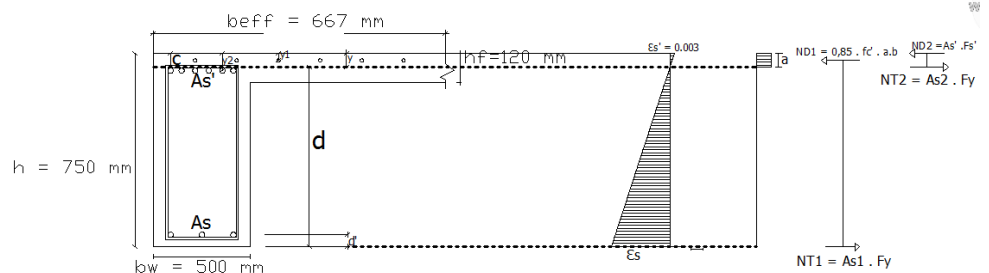
$$(0,85 \cdot 35 \cdot 0,81 \cdot 390) c^2 + (600 \cdot 2279,64 - 2957,88 \cdot 390) c - 600 \cdot 1139,82 \cdot 52,7452229299363$$

$$9862,13 c^2 + 214210,8 c - 36072036 = 0$$

$$c = 50,585 \text{ mm}$$

Karena  $c < y_2$ , tulangan tekan sebagian mengalami gaya tarik maka nilai  $c$  harus dihitung ulang.

Tumpuan kanan (M+)



Gambar 5.9. Penampang balok dan diagram tegangan momen positif tumpuan kanan yang sudah dihitung ulang

Dimisalkan garis netral diantara  $y_1$  dan  $y_2$  maka perhitungan garis netral dicari

$$0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b_{eff} + A_{s_{plat}}' \cdot f_s' = A_{s1} \cdot f_s + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}}$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - y_1)}{c} \times 600 \quad \text{dan} \quad f_s = f_{y_{ulir}}$$

$$(0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b_{eff}) + A_{s_{plat}}' \frac{(c - y_1)}{c} \times 600 = A_{s1} \cdot f_{y_{ulir}} + A_{s2} \cdot f_{y_{ulir}}$$

$$(0,85.f_c.a.beff).c + A_{s_{plat}}'.(c-y_1).600 = A_{s1} . f_{y_{ulir}}.c + A_{s2} . f_{y_{ulir}} . c$$

Substitusi nilai :  $a = \beta_1.c$

$$(0,85.f_c.\beta_1.c.beff).c + A_{s_{plat}}'.(c-y_1).600 = A_{s1} . f_{y_{ulir}}.c + A_{s2} . f_{y_{ulir}} . C$$

$$(0,85.f_c.\beta_1.beff).c^2 + 600.A_{s_{plat}}'.c - 600.A_{s_{plat}}'.y_1 = A_{s1} . f_{y_{ulir}}.c + A_{s2} . f_{y_{ulir}} . c$$

$$(0,85.f_c.\beta_1.beff).c^2 + (600.A_{s_{plat}}' - A_{s1}.f_{y_{ulir}} - A_{s2}.f_{y_{ulir}}).c - 600.A_{s_{plat}}'.y_1 = 0$$

$$(0,85 . 35 . 0,81 . 666,666666666667)c^2 + (600 . 621 - 2957,88 . 390 - 2279,64 . 390)c - 600 . 678,24 . 25$$

$$16065 \quad c^2 \quad - \quad 1635688,800 \quad - \quad 10173600 \quad = \quad 0$$

$$c = 107,697 \quad \text{mm}$$

$$a = \beta_1.c$$

$$= 0,81 \quad x \quad 107,7 \quad = \quad 87,235 \quad \text{mm}$$

$$f_s' = \epsilon_s' . E_s$$

$$= \frac{(c - y_1)}{c} \quad x \quad \epsilon_c \quad x \quad E_s$$

$$= \frac{107,7 - 25}{107,697} \quad x \quad 0,003 \quad x \quad 200000 \quad = \quad 460,720 \quad \text{Mpa}$$

$$f_s = f_{y_{ulir}} = 390 \quad \text{Mpa}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$ND_1 = 0,85 . f_c . a . beff$$

$$= 0,85 \quad x \quad 35 \quad x \quad 87,23 \quad x \quad 666,7$$

$$= 1730153,748 \quad \text{N}$$

$$ND_2 = A_{s'} \quad x \quad f_s$$

$$= 678,240 \quad x \quad 460,720$$

$$= 312479,0519 \quad \text{N}$$

$$NT_1 = A_{s1} \quad x \quad f_y$$

$$= 2957,880 \quad x \quad 390$$

$$= 1153573,200 \quad \text{N}$$

$$\begin{aligned}
NT_2 &= As_2 \times f_y \\
&= 2279,640 \times 390 \\
&= 889059,600 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ND_1 + ND_2 &= NT_1 + NT_2 \\
1730154 + 312479,05 &= 1153573,2 + 889059,6 \\
2042632,80 &= 2042632,80
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_1 &= d - (1/2 \cdot a) \\
&= 547,255 - (1/2 \times 87,235) \\
&= 503,637 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Z_2 &= d' - y_1 \\
&= 52,745 - 25,00 \\
&= 27,745 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Mn &= (NT_1 \cdot Z_1) + (NT_2 \cdot Z_2) \\
&= 1153573,2 \times 503,637 + 889059,6 \times 27,745 \\
&= 605649828,200 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Mr &= \phi \times Mn \\
&= 0,9 \times 605649828,200 \\
&= 545084845,4 \text{ Nmm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi Mn &> Mu \\
545084845,4 \text{ Nmm} &> 535800000 \text{ Nmm} \quad \textbf{(Aman)}
\end{aligned}$$

### 5.1.2 Perhitungan Penulangan Gaya Geser Pada Balok

- Penulangan Geser

$$\begin{aligned}
 b &= 500 \text{ mm} \\
 h &= 750 \text{ mm} \\
 d &= 689 \text{ mm} \\
 L &= 8000 \text{ mm} \\
 L_n &= 8000 - 1200 \\
 &= 6800 \text{ mm} \\
 f'_c &= 35 \text{ Mpa} \\
 f_{y_{ulir}} &= 390 \text{ Mpa} \\
 f_{y_{polos}} &= 240 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

- Menghitung Mpr (Moment Probable Capacities)

Geser rencana akibat gempa pada balok dihitung dengan mengansumsikan sendi plastis terbentuk di ujung-ujung balok dengan tegangan tulangan lentur balok yang diperkuat mencapai 1,25 fy, dan faktor reduksi kuat lentur  $\phi=1$ .

A). Kapasitas momen ujung balok apabila struktur bergoyang ke kanan

**Kondisi 1 (searah jarum jam)**

$$a = \frac{1,25 \cdot A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{1,25 \times 1139,82 \times 390}{0,85 \times 35 \times 500} = 37,36 \text{ mm}$$

$$M_{pr+} = 1,25 \cdot A_s' \cdot f_y \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\begin{aligned}
 M_{pr+} &= 1,25 \times 1139,820 \times 390 \left( 689 - \frac{37,36}{2} \right) \times 10^{-6} \\
 &= 372,473 \text{ kN-m}
 \end{aligned}$$

**Kondisi 2 (berlawanan arah jarum jam)**

$$a = \frac{1,25 \cdot A_s' \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b} = \frac{1,25 \times 2279,64 \times 390}{0,85 \times 35 \times 500} = 74,71 \text{ mm}$$

$$M_{pr-} = 1,25 \cdot A_s' \cdot f_y \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\begin{aligned}
 M_{pr-} &= 1,25 \times 2279,640 \times 390 \left( 689 - \frac{74,71}{2} \right) \times 10^{-6} \\
 &= 724,189 \text{ kN-m}
 \end{aligned}$$

b). Kapasitas momen ujung balok apabila struktur bergoyang ke kiri

**Kondisi 3 (Searah Jarum Jam)**

$$a = \frac{1,25 \cdot As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{1,25 \times 1139,820 \times 390}{0,85 \times 35 \times 500} = 37,36 \text{ mm}$$

$$Mpr_{+} = 1,25 \cdot As' \cdot fy \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\begin{aligned} Mpr_{+} &= 1,25 \times 1139,820 \times 390 \left( 689 - \frac{37,36}{2} \right) \times 10^{-6} \\ &= 372,473 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

**Kondisi 4 (berlawanan arah jarum jam)**

$$a = \frac{1,25 \cdot As' \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot b} = \frac{1,25 \times 2279,640 \times 390}{0,85 \times 35 \times 500} = 74,71 \text{ mm}$$

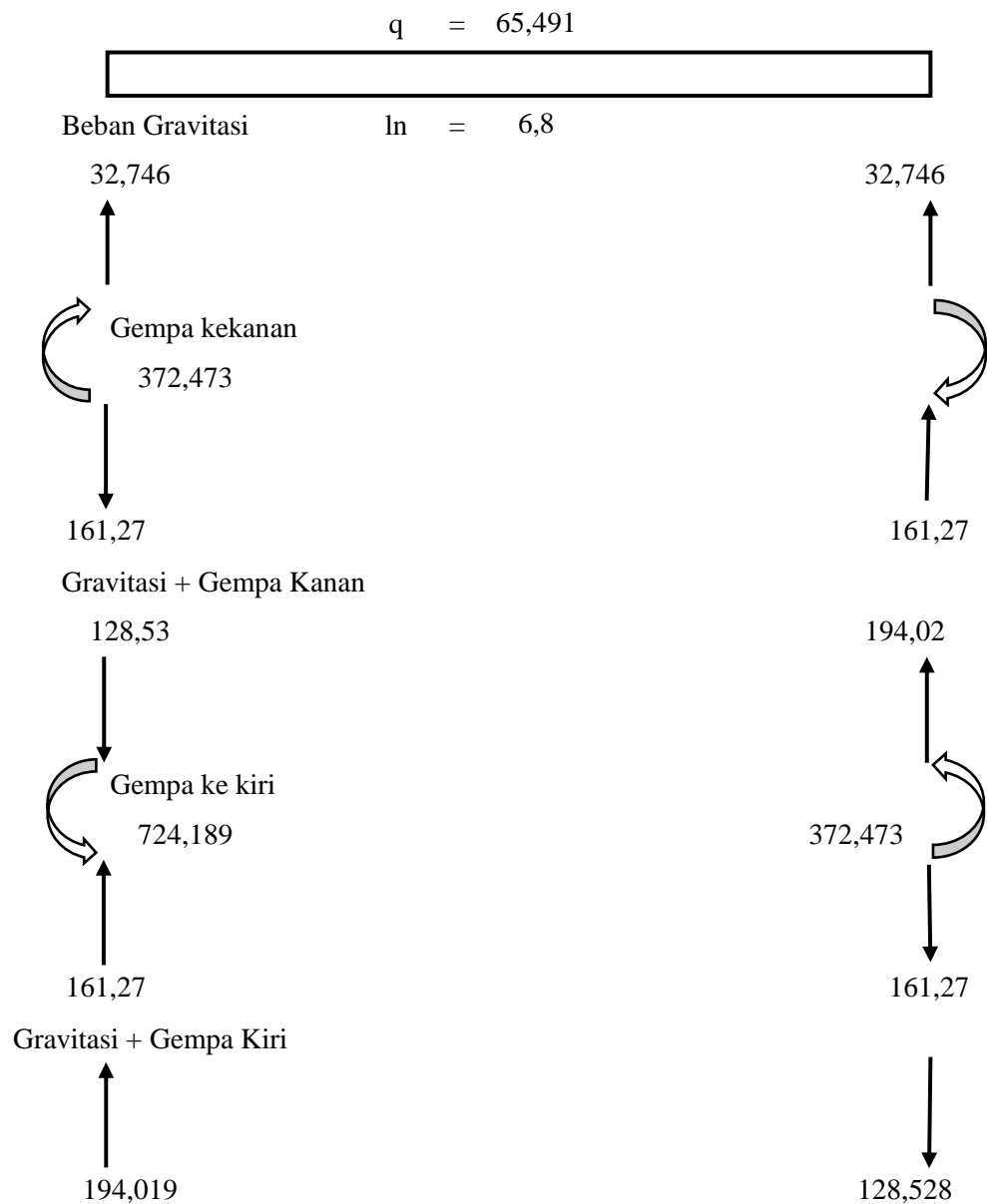
$$Mpr_{+} = 1,25 \cdot As' \cdot fy \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\begin{aligned} Mpr_{+} &= 1,25 \times 2279,640 \times 390 \left( 689 - \frac{74,71}{2} \right) \times 10^{-6} \\ &= 724,189 \text{ kN-m} \end{aligned}$$



- Menghitung Kuat geser ( $V_u$ ) akibat beban gravitasi dan beban gempa

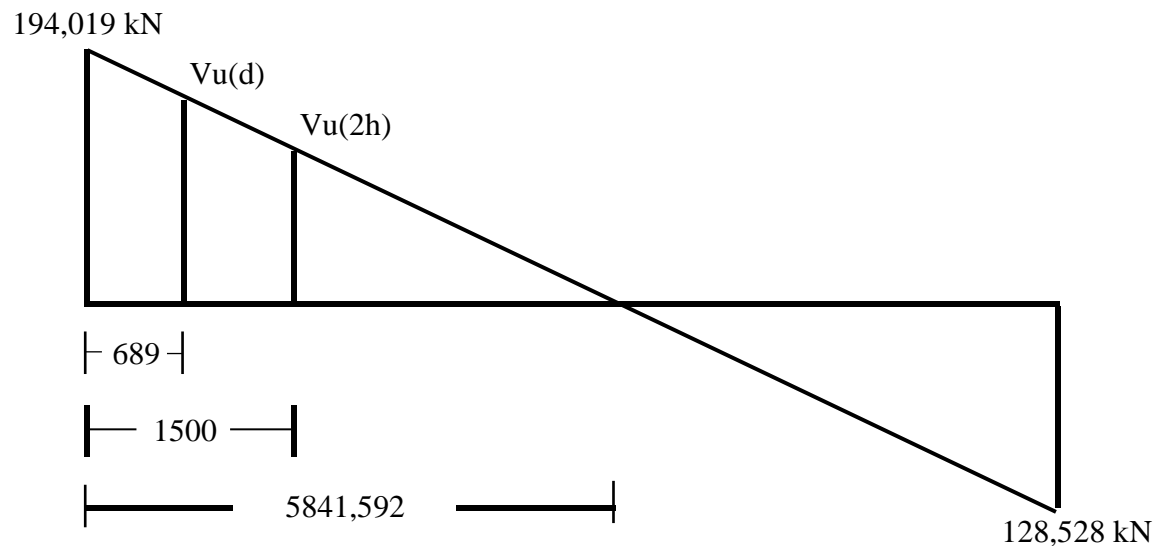
Dari hasil perhitungan pada STAAD PRO dengan kombinasi 2 yaitu  $1,2 D + 1,6 L$ , di dapat nilai gaya geser pada balok yang ditinjau sebesar :



Gambar 5.10. Desain gaya geser balok



• **Perhitungan  $V_u$  akibat beban gravitasi + gempa :**



$$\frac{194,019}{x} = \frac{31,832}{6,8 - x}$$

$$31,832 \cdot x = 1319,331 - 194,019 \cdot x$$

$$x = \frac{1319,331}{225,851} = 5,842 \text{ m} = 5841,592 \text{ mm}$$

• **Tulangan geser pada daerah sendi plastis**

$$V_u(d) = 194,019 \cdot \frac{5841,592 - 689}{5841,592} = 171,135 \text{ kN}$$

$V_c = 0$  apabila memenuhi ketentuan pada SNI 2847-2013 Pasal 21.5.4.2 berikut :

- Gaya geser akibat gempa  $> 0,5$  total geser (akibat  $M_{pr}$  + beban gravitasi)

$$161,27 > 0,5 \cdot 194,019 = 97,010$$

Pada daerah sendi plastis,  $V_c = 0$

$$V_s = \frac{V_u(d)}{\phi} - 0 = \frac{171,135}{0,75} - 0 = 228,180 \text{ kN}$$

Direncanakan tulangan sengkang  $\phi 10$  ( 2 kaki )

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

$$= \frac{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 \cdot 240 \cdot 689 \cdot 10^{-3}}{228,180} = 113,776 \text{ mm}$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.2,

$$S_{\text{maks}} \text{ sepanjang sendi plastis diujung balok } 2h = 2 \times 750 = 1500 \text{ mm}$$

spasi maksimum tidak boleh melebihi :

$$- \frac{d}{4} = \frac{689}{4} = 172,250 \text{ mm}$$

$$- 6 \times \text{diameter tulangan utama} = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$$

$$- 150 \text{ mm}$$

Jadi dipakai sengkang :  $\emptyset 10 - 100 \text{ mm}$

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S}$$

$$= \frac{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 \times 240 \times 689 \times 10^{-3}}{100}$$

$$= 259,615 \text{ kN}$$

$$V_n = V_c + V_s \text{ terpasang}$$

$$= 0 + 259,615$$

$$= 259,615 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times V_n$$

$$= 0,75 \times 259,615$$

$$= 194,711 \text{ kN} > V_u(d) = 171,135 \text{ kN} \dots\dots\dots (\text{aman})$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3

$$V_s \text{ maks} \leq 0,66 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

$$V_s \text{ maks} \leq 0,66 \times 35^{\frac{1}{2}} \times 500 \times 689 \times 10^{-3}$$

$$259,615 \text{ kN} < 1345,139 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{OK}$$

● **Tulangan geser pada daerah luar sendi plastis**

$$V_u(2h) = 194,019 \times \frac{5842 - 1500}{5842} = 144,199 \text{ kN}$$

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

$$= 0,17 \times 35^{\frac{1}{2}} \times 500 \times 689 \times 10^{-3}$$

$$= 346,475 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_u (2h)}{\phi} = \frac{144,199}{0,75} = 192,265 \text{ kN}$$

Direncanakan tulangan sengkang  $\phi$  10 ( 2 kaki )

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

$$= \frac{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 \times 240 \times 689 \times 10^{-3}}{192,265} = 135,030 \text{ mm}$$

Syarat jarak spasi sengkang maksimum pada daerah luar sendi plastis menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.4 :

$$- \frac{d}{2} = \frac{689}{2} = 344,500 \text{ mm}$$

Jadi dipakai sengkang  $\emptyset$  10 - 200 mm

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S}$$

$$= \frac{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2 \times 240 \times 689 \times 10^{-3}}{200}$$

$$= 216,346 \text{ kN}$$

$$V_n = V_c + V_s \text{ terpasang}$$

$$= 0,000 + 216,346$$

$$= 216,346 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times V_n$$

$$= 0,75 \times 216,346$$

$$= 162,260 \text{ kN} > V_u (2h) = 144,199 \text{ kN} \dots\dots (\text{aman})$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3

$$V_s \text{ maks} \leq 0,66 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d$$

$$V_s \text{ maks} \leq 0,66 \cdot 35^{\frac{1}{2}} \times 500 \times 689 \times 10^{-3}$$

$$216,346 \text{ kN} < 1345,139 \text{ kN} \dots\dots \text{OK}$$

Dari hasil perhitungan dan ketentuan-ketentuan di atas maka dipasang tulangan sengkang sebagai berikut :

- Daerah sendi plastis = 2 kaki  $\phi$  10 - 100 mm
- Daerah luar sendi plastis = 2 kaki  $\phi$  10 - 200 mm

Dengan demikian, penulangan longitudinal balok B107 adalah sebagai berikut :

*Tabel 5.1. Desain tulangan longitudinal balok pada portal line 1 potongan A-A*

Lokasi		Mu	Tulangan	As terpasang	Tulangan	As terpasang	$\phi$ Mn
		(Nmm)	Tarik	(mm <sup>2</sup> )	Tekan	(mm <sup>2</sup> )	(Nmm)
Tmp.Kiri	M <sup>-</sup>	525860000	6 D 22	2279,640	3 D 22	1139,820	636337159
	M <sup>+</sup>	525860000	6 D 22	2279,640	3 D 22	1139,820	702221245
Lapangan	M <sup>+</sup>	217550000	2 D 22	759,880	2 D 22	759,880	355609940
Tmp. Kanan	M <sup>-</sup>	526090000	6 D 22	2279,640	3 D 22	1139,820	636513737
	M <sup>+</sup>	526090000	6 D 22	2279,640	3 D 22	1139,820	545084845

*Tabel 5.2. Desain tulangan transversal balok pada portal line 1 potongan A-A*

Lokasi	Tulangan
Daerah sendi plastis	2 kaki $\phi$ 10 - 100
Daerah luar sendi plastis	2 kaki $\phi$ 10 - 200

● Pendetailan tulangan tumpuan tarik

- Untuk pemberhentian tulangan tumpu tarik ke dalam balok adalah sejauh

$$\frac{1}{4} L = \frac{1}{4} \times 8000 = 2000 \text{ mm}$$

- Ditambah dengan panjang penyaluran ( $\ell_{dh}$ ) untuk batang tulangan pembengkokan 90° menurut SNI 2847-2013 pasal 21.7.5.1, panjang penyaluran (ke kolom) tidak boleh kurang dari yang terbesar dari :

a)  $8 d_b = 8 \times 22 = 176 \text{ mm}$

b)  $\ell_{dh} = \frac{f_y \times d_b}{5,4} = \frac{390 \times 22}{5,4 \times \sqrt{35}} = 268,571 \text{ mm}$

c) 150 mm

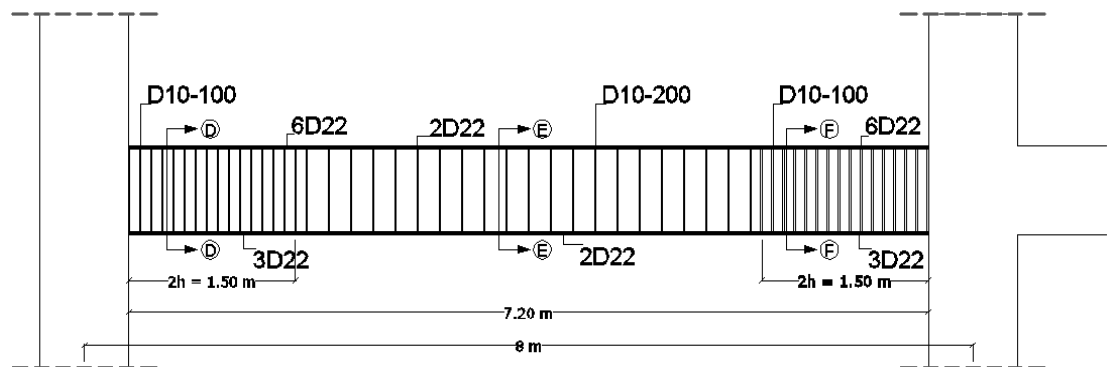
Maka digunakan panjang penyaluran = 270 mm

- Panjang pembungkakan (menurut SNI 2847 - 2013 pasal 12.5.1) tumpuan kiri dan tumpuan kanan.

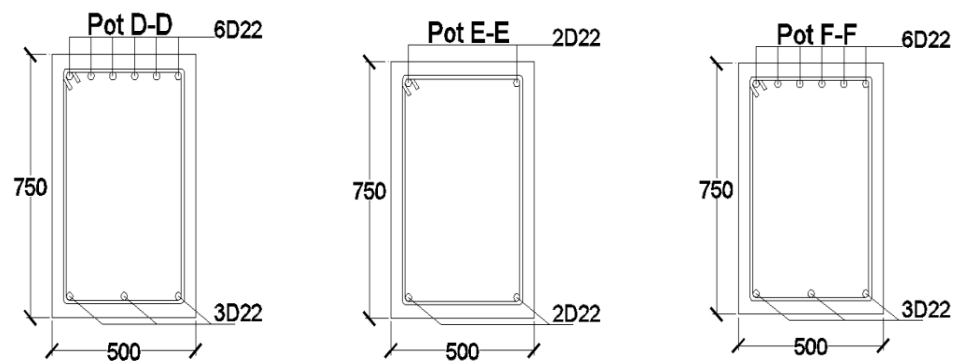
$$12 \times d_b = 12 \times 22 = 264 \text{ mm}$$

Digunakan panjang pembungkakan sebesar : 270 mm

Berikut gambar penulangan balok pada portal line 1 Potongan A-A :



Gambar 5.11. Penulangan balok pada portal line 1 potongan A-A



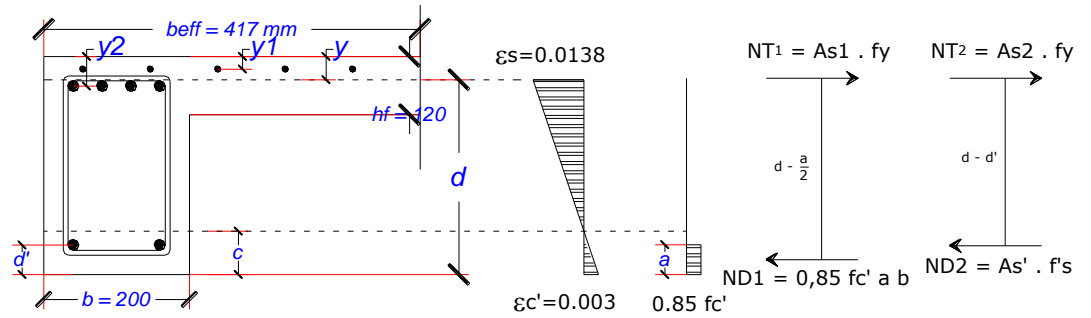
Gambar 5.12. Potongan penulangan balok pada portal line 1 potongan A-A











$$a = 0,00$$

$$b = 0$$

$$c = 0$$

$$b_2 = 0$$

$$4ac = 0$$

$$2a = 0$$

#DIV/0!

#DIV/0!

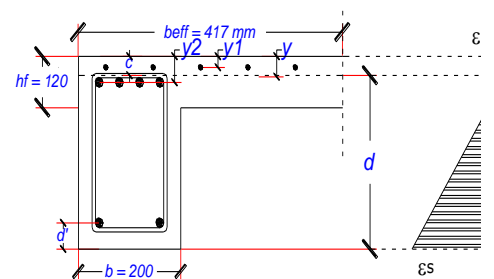
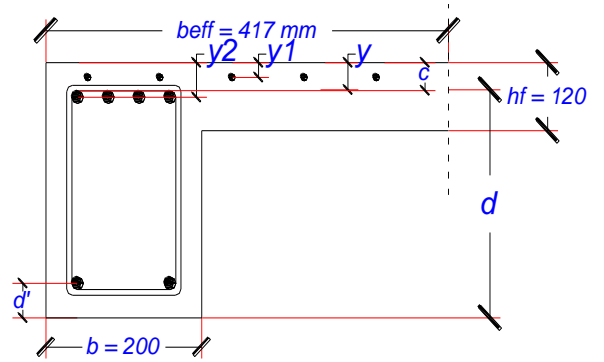
/ )

2



a= 9862,13  
b= 214210,8  
c= -29471139  
b2= 45886266837  
4ac -1,16259E+12

2a=      19724,25  
             44,874  
             -66,594



a= 16065,00  
b= -1635688,8  
c= -10580544  
b2= 2,67548E+12  
4ac -6,79906E+11

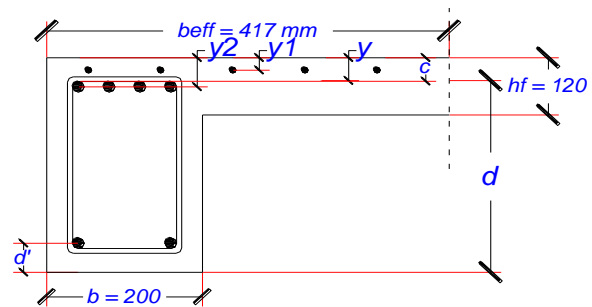
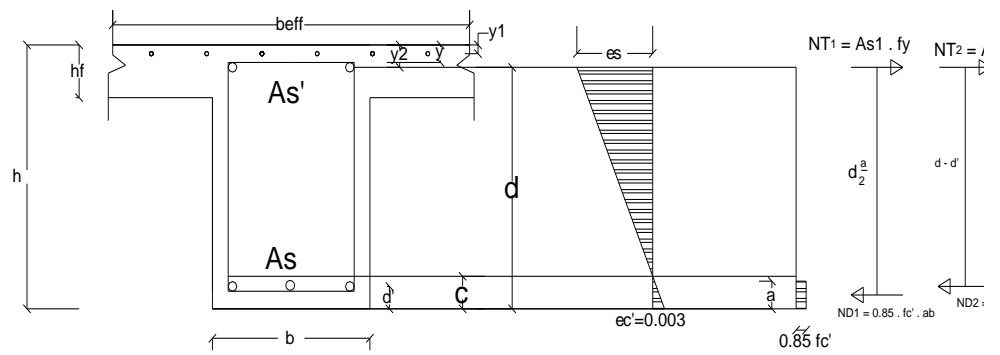
2a= 32130

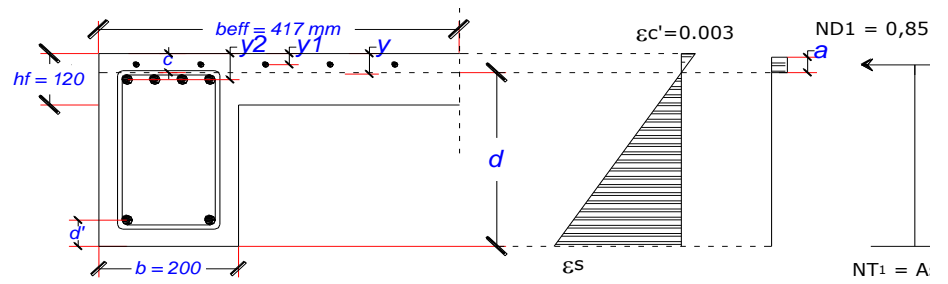
##

-6









$$a = 9862,13$$

$$b = 566518,8$$

$$c = -13784719$$

$$b_2 = 3,21E+11$$

$$4ac = -5,4379E+11$$

$$2a = 19724,25$$

$$18,42351$$

$$-75,8674$$

a= ##

b= ##

c= ##

b2= ##

4ac ##

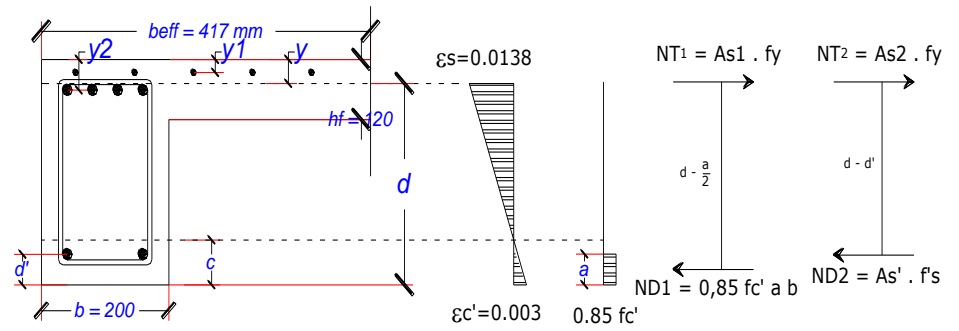
2a= ##

43

##







a= ##

b= 0

c= 0

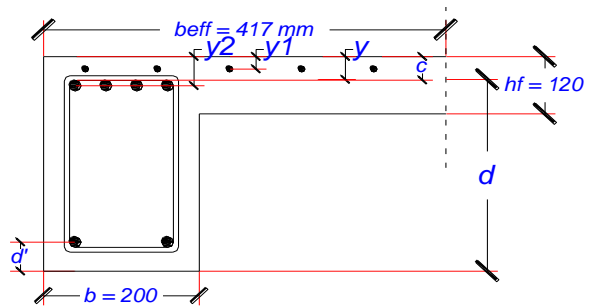
b2= 0

4ac 0

2a= 0

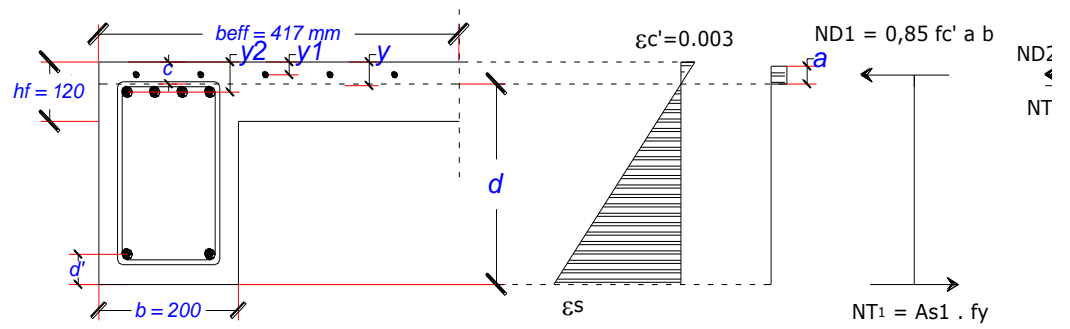
##

##





$a = \#\#$   
 $b = \#\#$   
 $c = \#\#$   
 $b_2 = 45886266837$   
 $4ac = -1,42299E+12$   
 $2a = 19724,25$   
 $50,58546272$   
 $-72,30601483$



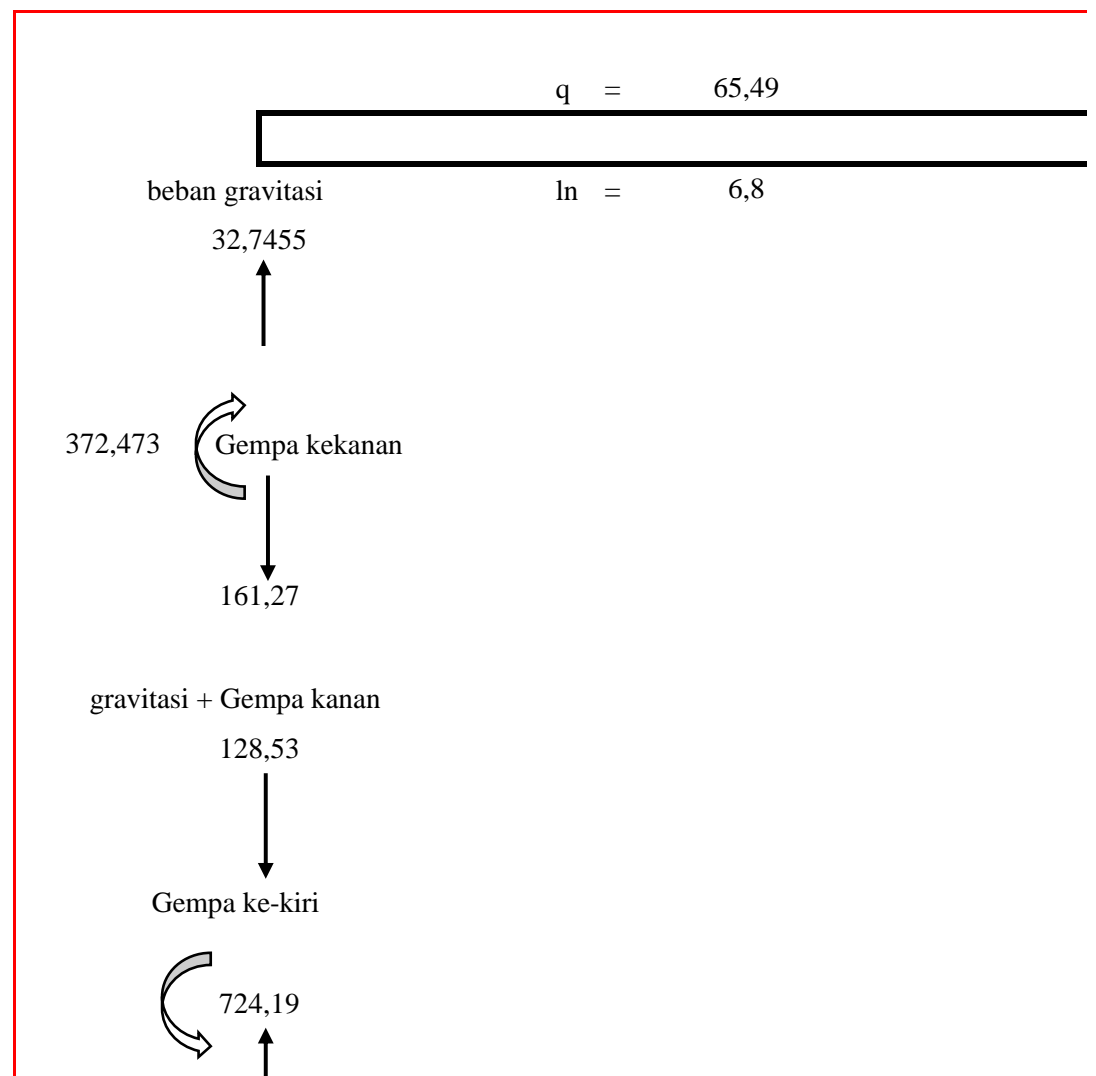
$a = \#\#$   
 $b = -1635688,8$   
 $c = -10173600$   
 $b_2 = 2,67548E+12$   
 $4ac = -6,53756E+11$

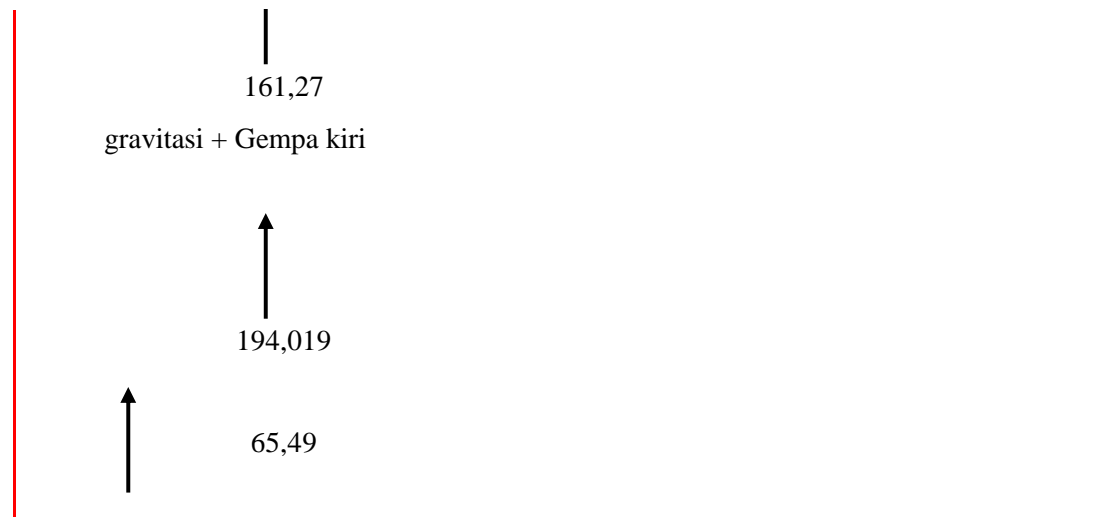
$$2a = \frac{32130}{107,6970898}$$











##

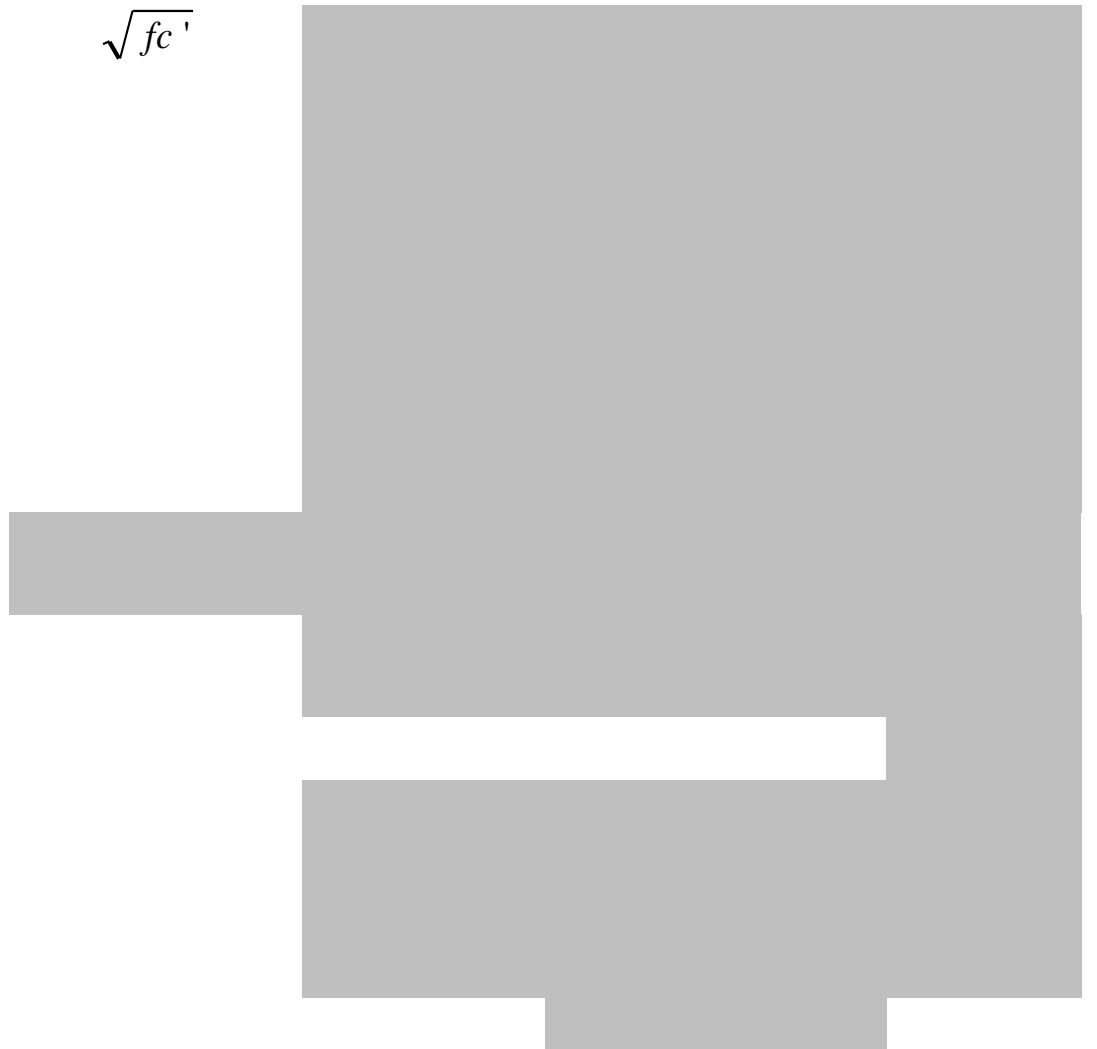
171,1352







$$\sqrt{fc'}$$









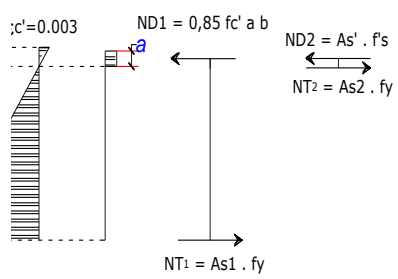
















As2 . fy  
>

—  
= As' . fs'

$$\begin{array}{l}
 i \text{ f c' a b} \\
 \text{---} \quad \quad \quad \overleftrightarrow{\hspace{1.5cm}} \\
 \quad \quad \quad \text{ND2} = \text{As' . f's} \\
 \quad \quad \quad \text{NT2} = \text{As2 . fy}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 \longrightarrow \\
 \text{s1 . fy}
 \end{array}$$
















$$T_1 = A_s' \cdot f_s'$$


$$T_2 = A_s' \cdot f_y$$

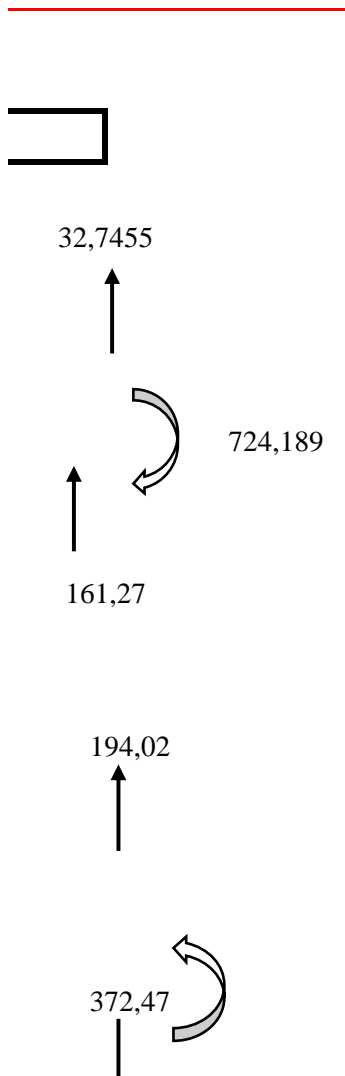












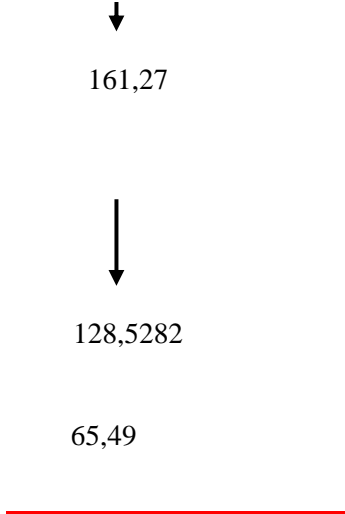


161,27

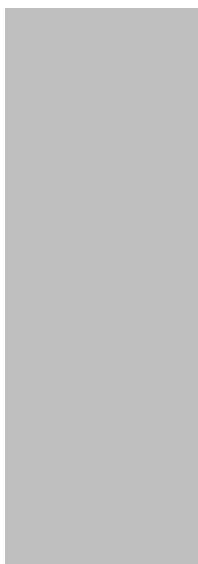


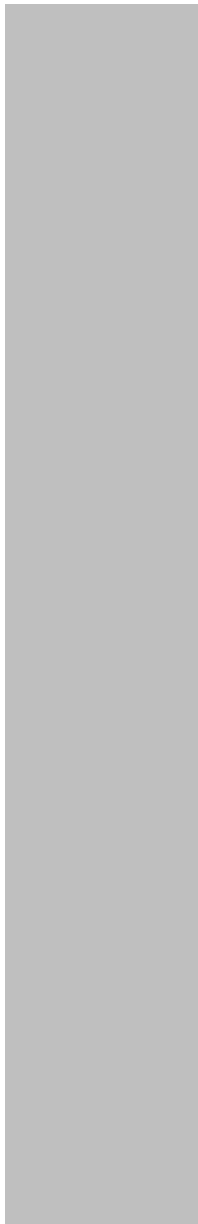
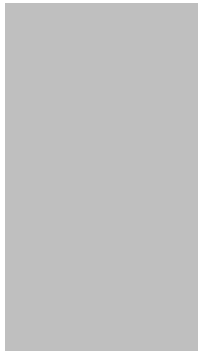
128,5282

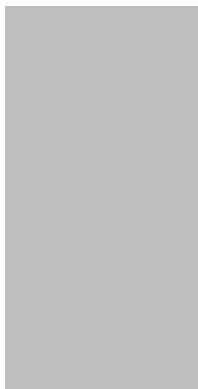
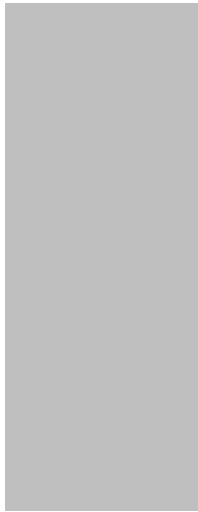
65,49





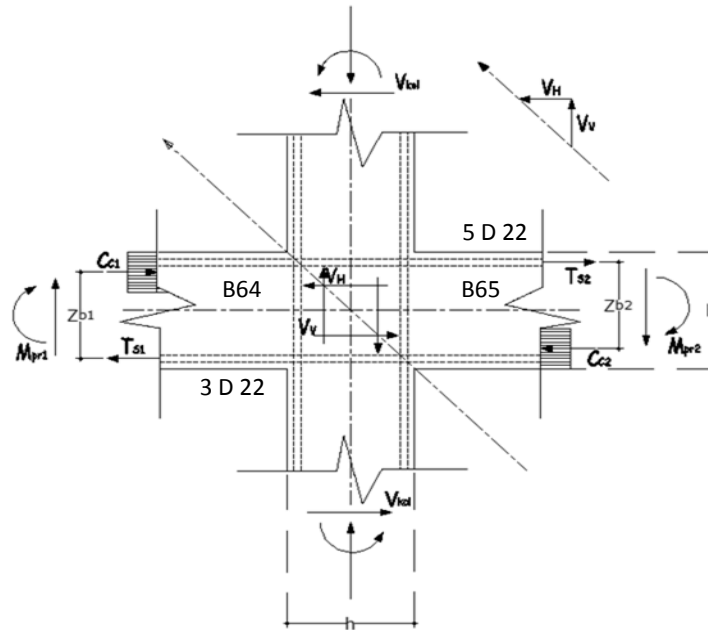








**e. Perhitungan Pertemuan Balok-Kolom**



*Gambar 5.47. Analisa geser dari hubungan balok kolom (Joint 66 )*

Data perencanaan :

$$f'_c = 35 \text{ MPa}$$

$$f_y = 390 \text{ MPa}$$

$$M_{pr1}, b = 203499056,773 \text{ Nmm}$$

$$M_{pr2}, b = 318947391,036 \text{ Nmm}$$

$$h_n, a = 4750 \text{ mm}$$

$$h_n, b = 4750 \text{ mm}$$

Tulangan yang terpasang pada balok :

$$\text{balok kiri} = 6 \text{ D } 22$$

$$\text{balok kanan} = 6 \text{ D } 22$$

Pemeriksaan kuat geser nominal pada joint :

Gaya geser yang terjadi

$$A_{s1} = 6 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 = 2279,64 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2} = 6 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 22^2 = 2279,64 \text{ mm}^2$$

$$T = A_s \cdot 1,25 \cdot f_y$$

$$T_1 = 2279,64 \times 1,25 \times 390 = 1111324,500 \text{ N}$$

$$T_2 = 2279,64 \times 1,25 \times 390 = 1111324,500 \text{ N}$$

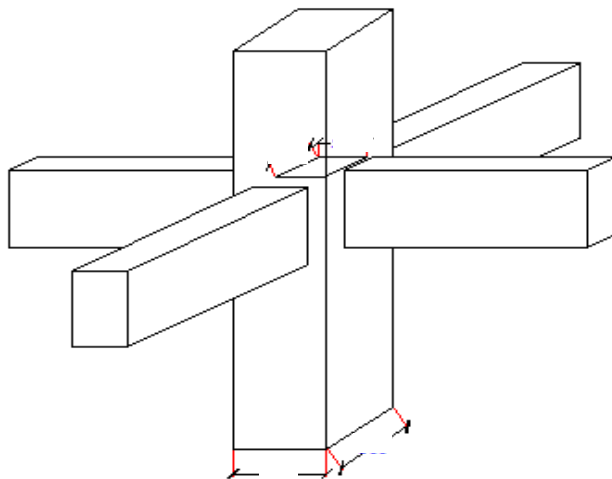
$$\begin{aligned}
 Mu &= \frac{M_{pr, b \text{ kanan}} + M_{pr, b \text{ kiri}}}{2} \\
 &= \frac{203499056,773 + 318947391,036}{2} \\
 &= 261223223,905 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_h &= \frac{2 \times Mu}{h_n / 2} \\
 &= \frac{2 \times 261223223,905}{4750 / 2} \\
 &= 219977,452 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{jh} &= T_1 + T_2 - V_h \\
 &= 1111324,500 + 1111324,500 - 219977,452 \\
 &= 2002671,548 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kuat geser nominal untuk HBK yang terkekang keempat sisinya maka berlaku :

$$V_{jh} < \phi \times 1,7 \times A_j$$



Gambar 5.48. Luas efektif ( $A_j$ ) untuk HBK

Maka :

$$\begin{aligned}
 V_{jh} &< \phi \times 1,7 \times \sqrt{f_c'} \times A_j \\
 2002671,548 &< 0,75 \times 1,7 \times \sqrt{35} \times 500 \times 750 \\
 2002671,548 \text{ N} &< 2828625,646 \text{ N}
 \end{aligned}$$

.....OK

- Penulangan geser horisontal

$$Nu = 8058780 \text{ N}$$

$$\frac{Nu}{Ag} = \frac{8.058.780}{800 \times 800}$$

$$= 15,740 \text{ N/mm}^2 > 0,1 \cdot f'_c = 0,1 \times 35 = 3,5 \text{ N/mm}^2$$

Jadi  $V_{c,h}$  dihitung menurut persamaan

$$\begin{aligned} V_{c,h} &= \frac{2}{3} \sqrt{\left( \frac{Nu,k}{Ag} - 0,1 \times f'_c \right)} \times bj \times hc \\ &= \frac{2}{3} \sqrt{\left( \frac{8058780}{640000} - 0,1 \times 35 \right)} \times 500 \times 750 \\ &= 1835460,938 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_{s,h} + V_{c,h} = V_{j,h}$$

$$V_{s,h} = V_{j,h} - V_{c,h}$$

$$= 2002671,548 - 1835460,938$$

$$= 167210,611 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} A_{j,h} &= \frac{V_{s,h}}{f_y} \\ &= \frac{167210,611}{390} \end{aligned}$$

$$= 428,745156 \text{ mm}^2$$

Coba dipasang 6 lapis tulangan sengkang :

$$\text{Maka As ada} = 6 \times 314,29$$

$$= 1885,71 \text{ mm}^2 > A_{j,h} = 428,74516 \text{ mm}^2 \text{ ..... Aman}$$

- Penulangan geser vertikal

$$V_{j,v} = \frac{hc}{bj} V_{j,h}$$

$$= \frac{800}{800} \times 2002671,548$$

$$= 2002671,548 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
V_{c,v} &= \frac{A_s' \cdot V_{j,h}}{A_s} \times \left( 0,6 + \frac{Nu, k}{Ag \cdot f'c} \right) \\
&= \frac{2279,6 \times 2002671,548}{2279,64} \times \left( 0,6 + \frac{8058780}{640000 \times 35} \right) \\
&= 1922097,992 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V_{s,v} &= V_{c,v} - V_{j,v} \\
&= 1922097,992 - 2002671,548 \\
&= -80573,556 \text{ N}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_{j,v} &= \frac{V_{s,v}}{f_y} \\
&= \frac{-80573,556}{390} \\
&= -187,380 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

Tulangan kolom yang terpasang 24 D 25, dimana luas tulangan ( $A_s$  ada = 11775 mm<sup>2</sup>) > -187,380 mm<sup>2</sup>. Maka tidak diperlukan lagi tulangan geser vertikal karena sudah ditahan oleh tulangan kolom yang terpasang.

### 5.3 Perhitungan Penulangan Bresing

Diketahui :

- Lebar bresing (b) = 200 mm
- Tinggi bresing (h) = 200 mm
- Tulangan sengkang ( $\emptyset$ ) = 10 mm
- Tulangan utama dipakai (D) = 12 mm
- Tebal selimut beton = 40 mm
- Panjang bresing = 8382 mm
- Kuat tekan beton ( $f'_c$ ) = 35 MPa
- Kuat leleh baja ( $f_y$ ) = 390 MPa
- $\beta_1$  = 0,81

#### 5.3.1 Perhitungan Penulangan Aksial Lentur Bresing

Penulangan bresing yang dihitung adalah pada bresing yang berada pada struktur portal memanjang line 1 potongan A-A dengan no. Batang bresing 271,272,273,274 pada lantai 1 :

$$\begin{aligned}d &= h - \text{selimut beton} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan pokok} \\&= 200 - 40 - 10 - \frac{1}{2} 12 \\&= 144 \text{ mm} \\d' &= 200 - 144 \\&= 56 \text{ mm}\end{aligned}$$

– Perhitungan Luas tulangan yang diperlukan ( $A_s$  Perlu)

$$\begin{aligned}A_g &= b \times h \\&= 200 \times 200 \\&= 40000 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jumlah tulangan pada bresing 1% - 6% dicoba dengan jumlah tulangan : 2 %

$$\begin{aligned}\rho &= 0,02 \\A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \times A_g \\&= 0,02 \times 40000 \\&= 800 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Maka dipakai tulangan } 8 \text{ D } 12, A_s \text{ ada} = 904,320 \text{ mm}^2 >$$

$$A_s \text{ perlu} = 800 \text{ mm}^2 \dots\dots\dots \text{OK}$$

– Perhitungan Beban Sentris

• Beban Sentris

$$\begin{aligned} P_o &= 0,85 \cdot f_c (A_g - A_s \text{ ada}) + f_y \cdot A_s \text{ ada} \\ &= (0,85 \cdot 35 (40000 - 904,32) + 390 \cdot 904,32) \cdot 10^{-3} \\ &= 1515,781 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_n &= 0,80 \times P_o \\ &= 0,80 \times 1515,781 \\ &= 1212,625 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= 0,65 \times 1212,625 \\ &= 788,206 \text{ kN} \end{aligned}$$

– Perhitungan Gaya yang bekerja

• Kondisi Seimbang

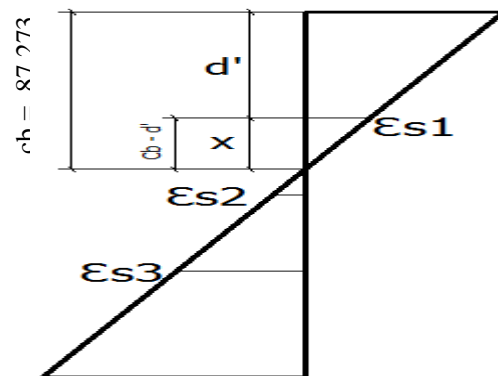
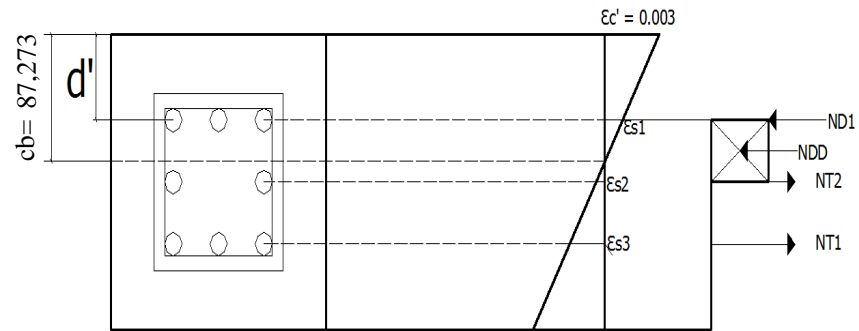
$$c_b = \frac{600 \times d}{600 + f_y} = \frac{600 \times 144}{600 + 390} = 87,273 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} a_b &= c_b \times \beta \\ &= 87,273 \times 0,81 \\ &= 70,691 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak antar tulangan ( $x$ )

$$\begin{aligned} x &= \frac{\text{Jarak antar tulangan tepi}}{\text{jumlah interval tulangan}} \\ &= \frac{200 - (2 \times 56)}{8 / 2} \\ &= 44 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{D_D} &= 0,85 \cdot f_c \cdot a_b \cdot b \\ &= 0,85 \times 35 \times 70,691 \times 200 \times 10^{-3} \\ &= 420,611 \text{ kN} \end{aligned}$$



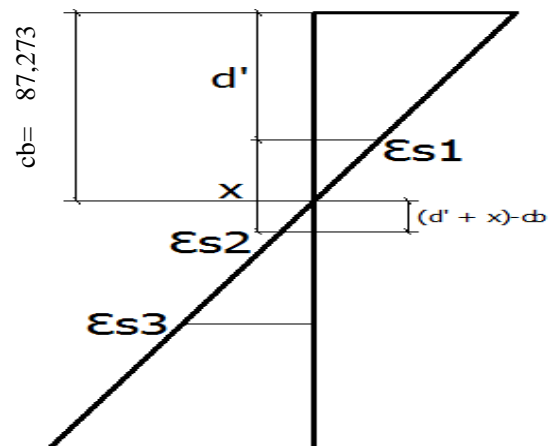
$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{390}{200000} = 0,00195$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{cb - d'}{cb} \times \epsilon_{c'}$$

$$= \frac{87,273 - 56}{87,273} \times 0,003$$

$$= 0,00108 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00108 \times 200000 = 215 \text{ Mpa}$$

$$ND_1 = 339,120 \times 215 \times 10^{-3} = 72,911 \text{ kN}$$

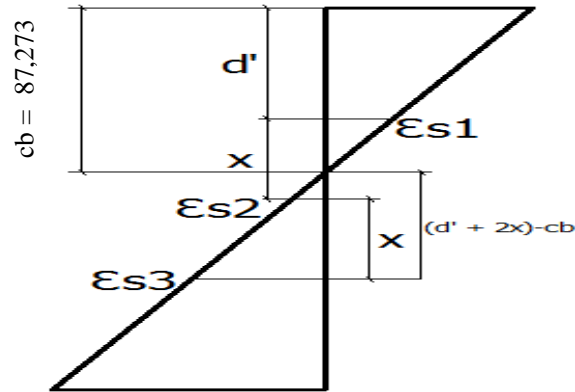


$$\epsilon_{s2} = \frac{(d' + x) - c_b}{c_b} \times \epsilon_c'$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{100 - 87,273}{87,273} \times 0,003$$

$$= 0,00044 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$NT_2 = 226,080 \times 390 \times 10^{-3} = 88,171 \text{ kN}$$



$$\epsilon_{s3} = \frac{(d' + 2x) - c_b}{c_b} \times \epsilon_c'$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{144 - 87,273}{87,273} \times 0,003$$

$$= 0,00195 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 390 \text{ MPa}$$

$$NT_1 = 339,120 \times 390 \times 10^{-3} = 132,257 \text{ kN}$$

$$P_{nb} = ND_D + ND_1 - NT_2 - NT_1$$

$$= 420,611 + 72,911 - 88,171 - 132,257$$

$$= 273,094 \text{ kN}$$

$$\phi P_{nb} = 0,65 \times 273,094$$

$$= 177,51091 \text{ kN}$$



$$\begin{aligned}
M_{nb} &= NDD(h/2 - ab/2) + \{(ND1 + NT1) \cdot (h/2 - d')\} + \{(NT2)(h/2)\} \\
&= [420,610909090909(200/2 - 70,6909090909091/2) + \{(72,9108 + 132,2568) \cdot \\
&\quad (200/2 - 56)\} + \{(88,1712) \cdot \\
&\quad (200/2)\} \times 10^{-3} \\
&= 45,039 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi M_{nb} &= 0,65 \times 45,039 \\
&= 29,275 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = \frac{45,039}{273,094} = 0,1649 \text{ m} = 164,921 \text{ mm}$$

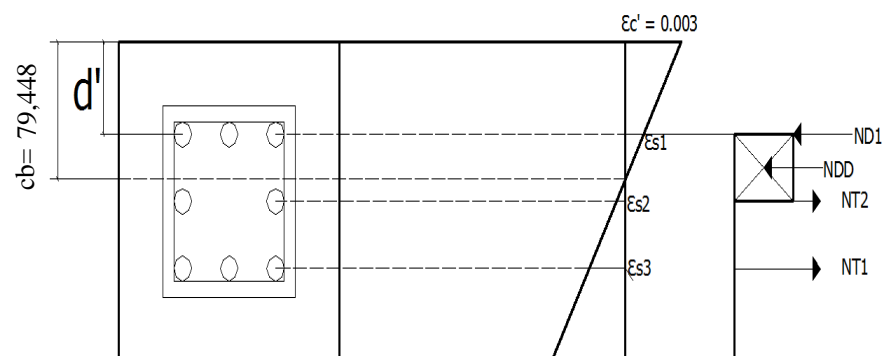
- Kondisi Seimbang dengan  $1,25 f_y$

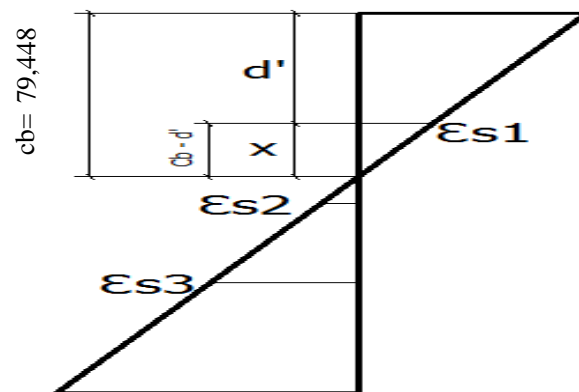
$$f_y = 1,25 \times 390 = 487,500 \text{ MPa}$$

$$c_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} = \frac{600 \times 144}{600 + 487,500} = 79,448 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
a_b &= c_b \cdot \beta \\
&= 79,448 \times 0,81 \\
&= 64,353 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
N_{D_D} &= 0,85 \cdot f_c \cdot a_b \cdot b \\
&= 0,85 \times 35 \times 64,353 \times 200 \times 10^{-3} \\
&= 382,901 \text{ kN}
\end{aligned}$$





$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{487,500}{200000} = 0,00244$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{cb - d'}{cb} \times \epsilon_c'$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{79,448 - 56}{79,448} \times 0,003$$

$$= 0,00089 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00089 \times 200000 = 177,083 \text{ Mpa}$$

$$ND_1 = 339,120 \times 177,083 \times 10^{-3} = 60,053 \text{ kN}$$

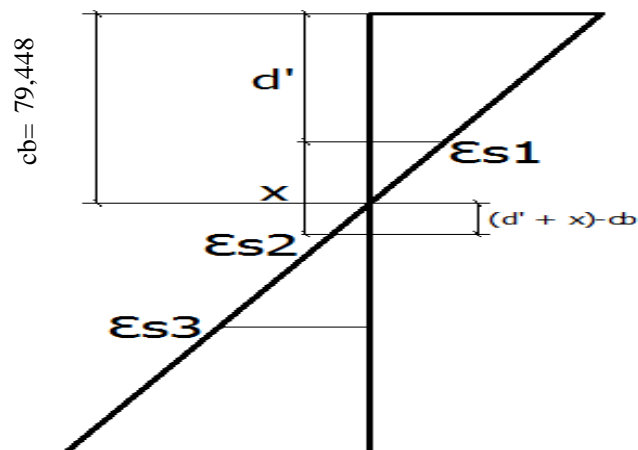


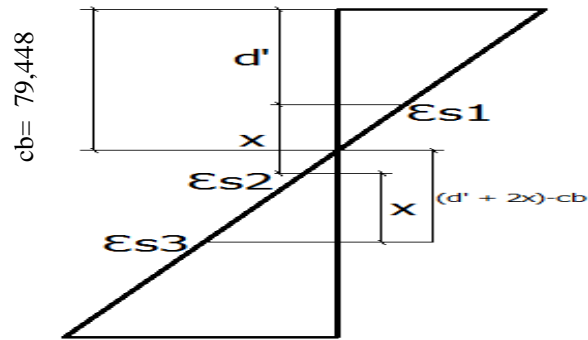
Diagram Tegangan Bresing untuk menghitung NT2

$$\epsilon_{s2} = \frac{(d' + x) - cb}{cb} \times 0,003$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{100 - 79,448}{79,448} \times 0,003$$

$$= 0,00078 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 390 \text{ MPa}$$

$$NT2 = 226,080 \times 390,000 \times 10^{-3} = 88,171 \text{ kN}$$



$$\epsilon_{s3} = \frac{(d' + 2x) - cb}{cb} \times 0,003$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{144 - 79,448}{79,448} \times 0,003$$

$$= 0,00244 > \epsilon_y ; \quad \text{maka } f_s = f_y = 390 \text{ MPa}$$

$$NT1 = 339,120 \times 390,000 \times 10^{-3} = 132,257 \text{ kN}$$

$$P_{nb} = N_{D_D} + N_{D_1} - NT2 - NT1$$

$$= 382,901 + 60,053 - 88,171 - 132,257$$

$$= 222,525 \text{ kN}$$

$$\phi P_{nb} = 0,70 \times 222,525$$

$$= 155,768 \text{ kN}$$

$$M_{nb} = N_{D_D}(h/2 - ab/2) + \{(N_{D_1} + NT1) \cdot (h/2 - d')\} + \{(NT2)(h/2)\}$$

$$= [382,900965517241(200/2 - 64,3531034482759/2)] +$$

$$[(60,0525 + 132,2568)(200/2 - 56)]$$

$$[(88,1712)(200/2)] \times 10^{-3}$$

$$= 43,248 \text{ kNm}$$

$$\phi M_{nb} = 0,70 \times 43,248$$

$$= 30,274 \text{ kNm}$$

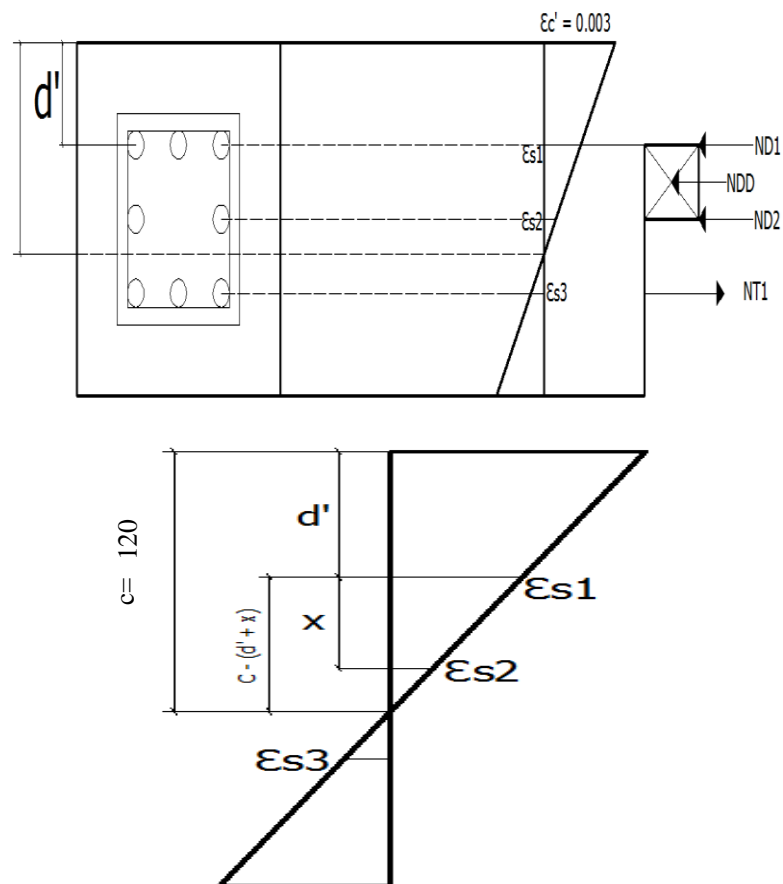
$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = \frac{43,248}{222,525} = 0,1944 \text{ m} = 194,353 \text{ mm}$$

- Kondisi Patah Desak (terjadi jika nilai  $c > c_b$ )

Dipakai nilai  $c = 120 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} a &= c \times \beta \\ &= 120 \times 0,81 \\ &= 97,200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ND_D &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \\ &= 0,85 \times 35 \times 97,200 \times 200 \times 10^{-3} \\ &= 578,340 \text{ kN} \end{aligned}$$



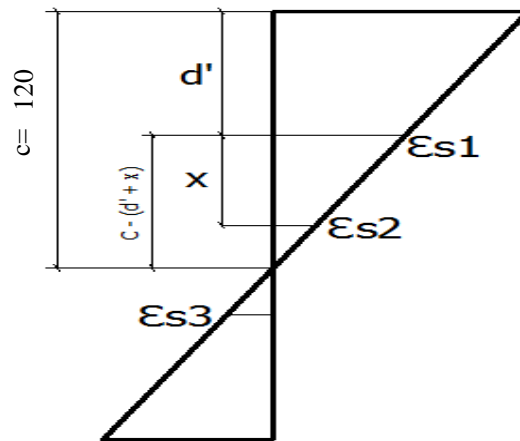
$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{390}{200000} = 0,00195$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{c - d'}{c} \times \epsilon_{c'}$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{120 - 56}{120} \times 0,003$$

$$= 0,00160 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00160 \times 200000 = 320 \text{ Mpa}$$

$$ND_1 = 339,120 \times 320 \times 10^{-3} = 108,518 \text{ kN}$$

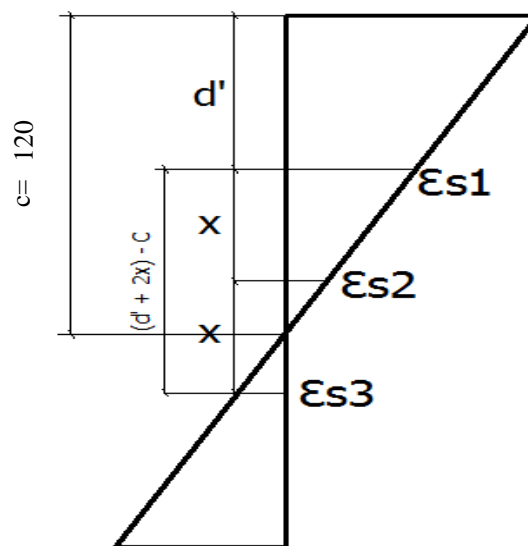


$$\epsilon_{s2} = \frac{c - (d' + x)}{c} \times \epsilon_c'$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{120 - 100}{120} \times 0,003$$

$$= 0,00050 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 390 \text{ MPa}$$

$$ND_2 = 226,080 \times 390 \times 10^{-3} = 88,171 \text{ kN}$$



$$\epsilon_{s3} = \frac{(d' + 2x) - c}{c} \times 0,003$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{144 - 120}{120} \times 0,003$$

$$= 0,00060 > \epsilon_y ; \quad \text{maka } f_s = f_y = 390 \text{ MPa}$$

$$NT1 = 339,120 \times 390 \times 10^{-3} = 132,257 \text{ kN}$$

$$P_n = ND_D + ND_1 + ND_2 - NT1$$

$$= 578,340 + 108,518 + 88,171 - 132,257$$

$$= 642,773 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 0,65 \times 642,773$$

$$= 417,802 \text{ kN}$$

$$M_n = NDD(h/2 - ab/2) + \{(ND1+NT1).(h/2 - d')\} + \{(ND2)(h/2)\}$$

$$= [578,34(200/2 - 97,2/2)] + [(108,518+132,2568)(200/2-56)]$$

$$[(88,1712)(200/2)] \times 10^{-3}$$

$$= 49,138 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,65 \times 49,138$$

$$= 31,940 \text{ kNm}$$

$$e_b = \frac{M_n}{P_n} = \frac{49,138}{642,773} = 0,0764 \text{ m} = 76,447 \text{ mm}$$

- Kondisi Patah Tarik (terjadi jika nilai  $c < c_b$ )

$$\text{Dipakai nilai } c = 70 \text{ mm}$$

$$a = c \cdot \beta$$

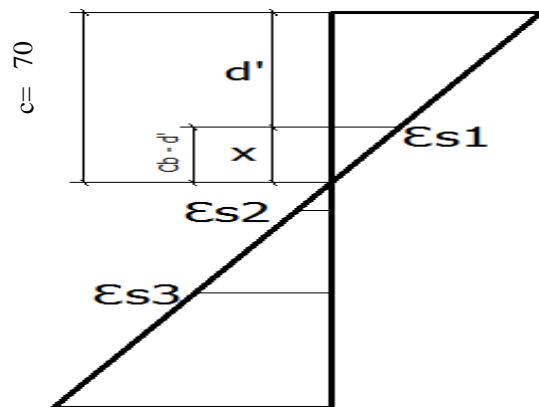
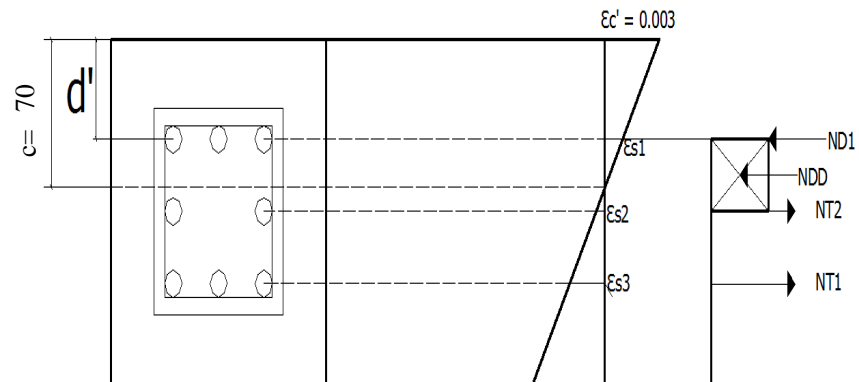
$$= 70 \times 0,81$$

$$= 56,700 \text{ mm}$$

$$ND_D = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \times 35 \times 56,700 \times 200 \times 10^{-3}$$

$$= 337,365 \text{ kN}$$



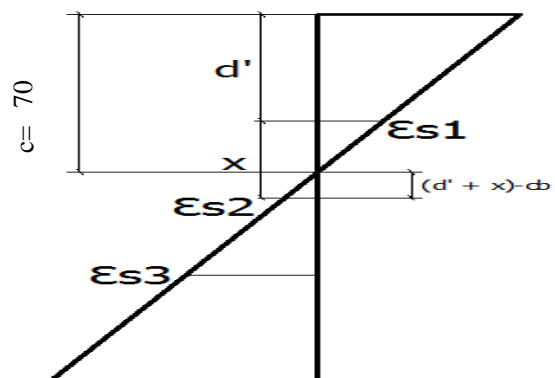
$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{390}{200000} = 0,00195$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{c - d'}{c} \times \epsilon_{c'}$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{70 - 56}{70} \times 0,003$$

$$= 0,00060 < \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = 0,00060 \times 200000 = 120 \text{ Mpa}$$

$$ND_1 = 339,120 \times 120 \times 10^{-3} = 40,694 \text{ kN}$$

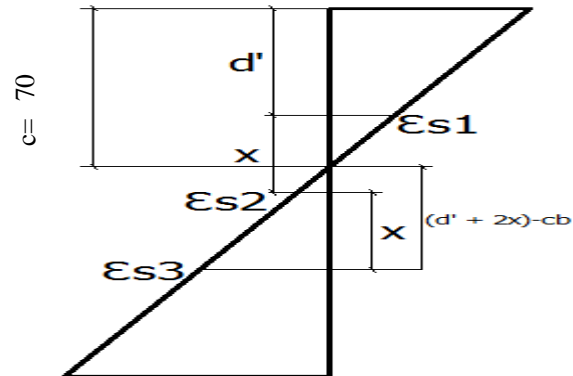


$$\epsilon_{s2} = \frac{(d'+x) - c}{c} \times \epsilon_{c'}$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{100 - 70}{70} \times 0,003$$

$$= 0,00129 > \epsilon_y ; \quad \text{maka } f_s = f_y = 390 \text{ MPa}$$

$$NT2 = 226,080 \times 390 \times 10^{-3} = 88,171 \text{ kN}$$



$$\epsilon_{s3} = \frac{(d' + 2x) - c}{c} \times 0,003$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{144 - 70}{70} \times 0,003$$

$$= 0,00317 > \epsilon_y ; \quad \text{maka } f_s = f_y = 390 \text{ MPa}$$

$$NT1 = 339,120 \times 390 \times 10^{-3} = 132,257 \text{ kN}$$

$$P_n = ND_D + ND_1 - NT2 - NT1$$

$$= 337,365 + 40,694 + 88,17 - 132,26$$

$$= 157,631 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 0,65 \times 157,631$$

$$= 102,460 \text{ kN}$$

$$M_n = NDD(h/2 - ab/2) + \{(ND1 + NT1) \cdot (h/2 - d')\} + \{(NT2)(h/2)\}$$

$$= [337,365(200/2 - 56,7/2)] + [(40,694 + 132,2568)(200/2 - 56)]$$

$$[(88,1712)(200/2)] \times 10^{-3}$$

$$= 40,599 \text{ kNm}$$



$$\begin{aligned}\phi M_n &= 0,65 \times 40,599 \\ &= 26,389 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$e_b = \frac{M_n}{P_n} = \frac{40,599}{157,631} = 0,258 \text{ m} = 257,558 \text{ mm}$$

- Kondisi Lentur Murni

Dicoba dipasang tulangan sebagai berikut :

$$\text{Tulangan tarik } A_s = 3 \text{ D } 12 = 339,120 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } A_s' = 3 \text{ D } 12 = 339,120 \text{ mm}^2$$

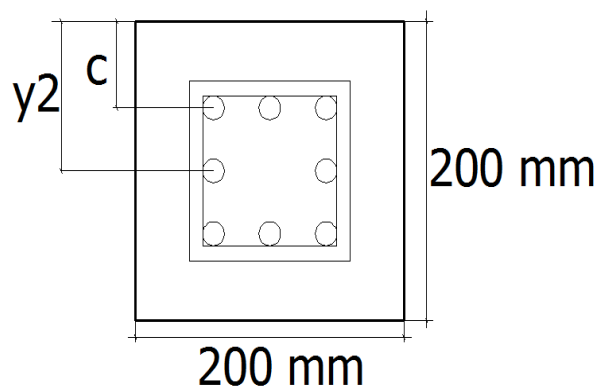
$$A_s'1 = 3 \text{ D } 12 = 339,120 \text{ mm}^2$$

$$A_s'2 = 3 \text{ D } 12 = 339,120 \text{ mm}^2$$

$$y_1 = 40 + 10 + \frac{1}{2} \times 12 = 56 \text{ mm}$$

$$y_2 = 56 + 44 = 100 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}y = d' &= \frac{A_s'1 \times y_1 + A_s'2 \times y_2}{A_s \text{ tekan}} \\ &= \frac{339,120 \times 56 + 339,120 \times 100}{339,120} \\ &= 156 \text{ mm}\end{aligned}$$



Dimisalkan garis netral ( $c$ )  $> y_2$  maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + As' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = As \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) \cdot c + As' \cdot (c - d') \times 600 = As \cdot f_y \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta 1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot c \cdot b) \cdot c + As' \cdot (c - d') \cdot 600 = As \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot b) \cdot c^2 + 600As' \cdot c - 600As' \cdot d' = As \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot b) \cdot c^2 + 600As' \cdot c - 600As' \cdot d' - As \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot b) \cdot c^2 + (600As' - As \cdot f_y) \cdot c - 600As' \cdot d' = 0$$

$$(0,85 \cdot 35 \cdot 0,81 \cdot 200) c^2 + (600 \cdot 339,12 - 339,12 \cdot 390) c - 600 \cdot 339,12 \cdot 56 = 0$$

$$4820 \cdot c^2 + 71215,200 \cdot c - 11394432,0 = 0$$

$$c = 41,793 \text{ mm} < y2 = 100 \text{ mm} \quad \dots\dots\dots \text{TIDAK OK}$$

Karena nilai  $c < y2$  maka dihitung nilai  $c$  sebenarnya berdasarkan  $d' < c < y2$

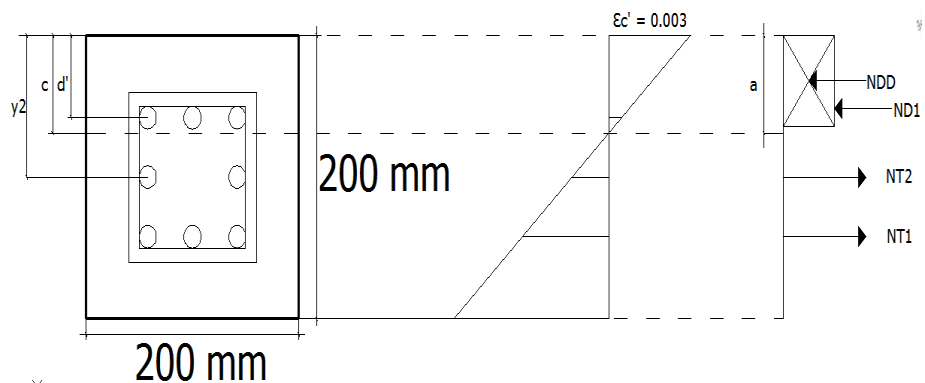
Dicoba dipasang tulangan sebagai berikut :

$$\text{Tulangan tarik } As = 3 \text{ D } 12 = 339,120 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } As' = 3 \text{ D } 12 = 339,120 \text{ mm}^2$$

$$d' = 40 + 10 + 1/2 \cdot 12 = 56 \text{ mm}$$

$$d = 200 - 56 = 144 \text{ mm}$$



$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + As' \cdot f_s' = As \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_s' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s' \cdot (c - d') \times 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

Substitusi nilai :  $a = \beta \cdot c$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta \cdot c \cdot b) \cdot c + A_s' \cdot (c - d') \cdot 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta \cdot 1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta \cdot 1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta \cdot 1 \cdot b) \cdot c^2 + (600 A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = 0$$

$$(0,85 \cdot 35 \cdot 0,81 \cdot 200) c^2 + (600 \cdot 339,12 - 339,12 \cdot 390) \cdot c - 600 \cdot 339,12 \cdot 56 = 0$$

$$4820 \cdot c^2 - 71215,200 \cdot c - 11394432,000 = 0$$

$$c = 41,793 \text{ mm} > d' = 56 \text{ mm} \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$< y_2 = 100 \text{ mm}$$

$$a = \beta \cdot c$$

$$= 0,81 \times 41,793 = 33,853 \text{ mm}$$

$$ND_D = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \times 35 \times 33,853 \times 200$$

$$= 201,423 \text{ kN}$$

$$ND_1 = f_s' \cdot A_s'$$

$$= \frac{(c - d')}{c} \times 600 \cdot A_s'$$

$$= \frac{41,79 - 56}{41,793} \times 600 \times 339,120 \times 10^{-3}$$

$$= -69,166 \text{ kN}$$

$$NT_1 = A_{s1} \times f_y$$

$$= 339,120 \times 390 \times 10^{-3}$$

$$= 195,120 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
NT_2 &= A_{s1} \times f_y \\
&= 226,080 \times 390 \times 10^{-3} \\
&= 40,003 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$NDD + ND1 = NT1 + NT2$$

$$\begin{aligned}
201,423 + -69,166 &= 195,12 + 40,003 \\
132,257 &= 235,123
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ZD_D &= c - a/2 \\
&= 41,793 - \frac{33,853}{2} \\
&= 24,867 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ZD_1 &= c - y1 \\
&= 41,793 - 56 \\
&= -14,207 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ZT2 &= y2 - c \\
&= 100 - 41,793 \\
&= 58,207 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ZT1 &= y3 - c \\
&= 144 - 41,793 \\
&= 102,207 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_n &= \{(ND_D \cdot ZD_D) + (ND_1 \cdot ZD_1) + (NT_1 \cdot ZT_1) + (NT_2 \cdot ZT_2)\} \\
&= \{(201,423 \times 24,867) + (-14,21 \times -14,207) + (195,120 \\
&\quad \times -14,207) + (58,207 \times 58,207)\} \\
&\quad \times 10^{-3} \\
&= 5,827 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi M_n &= 0,65 \times 5,827 \\
&= 3,787 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

Koordinat diagram

Kondisi	8 D 16	
	$\phi$ Pn (kN)	$\phi$ Mn (kNm)
Sentris	788,206	0
Patah Desak	417,802	31,940
Balance	177,511	29,275
Patah Tarik	102,460	26,389
Lentur	0	3,787

$\phi$ Pn Bresing atas (kN)	253,240 kN
$\phi$ Pn Brsing desain (kN)	255,966 kN

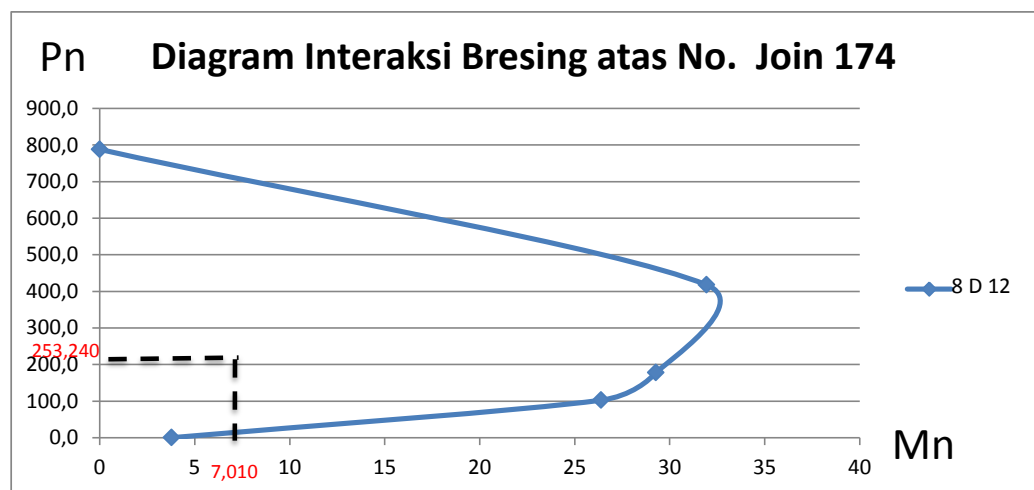
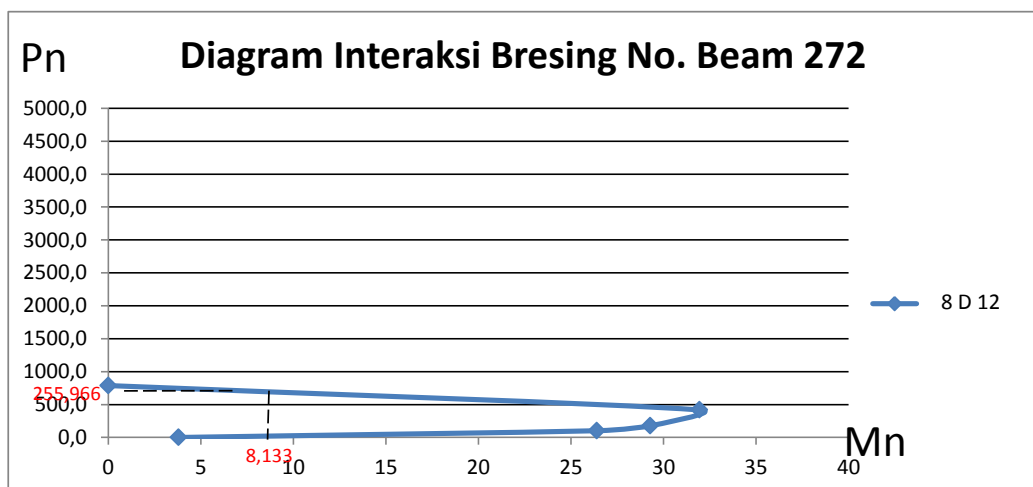


Diagram Interaksi Bresing atas No. Join 174



Gambar 4.21 Diagram Interaksi Bresing desain No. Beam 272

Dari hasil pembacaan ketiga diagram interaksi bresing diatas, maka didapat nilai momen nominal terfaktor untuk bresing yang ditinjau sebesar:

$\phi$ Mn Bresing atas No. 241 (kNm)	7,010
$\phi$ Mn Beam desain No. 272 (kNm)	8,133

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengamatan dan analisa penerapan sistem pengaku dengan menggunakan bresing sebagai alternatif sistem struktur untuk menahan gaya lateral gempa maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

##### 1. Perhitungan penulangan bresing

*Tabel 6.1. Hasil perhitungan pada sempel portal line 1 didapat :*

No. Batang Bresing	D. Tulangan Pokok	D. Tulangan Sengkang	Jarak Tulangan Geser (mm)
272	8 D 12	Ø10	150
271	8 D 12	Ø10	150
273	8 D 12	Ø10	150
274	8 D 12	Ø10	150

##### 2. Perhitungan story drift pada pengaku bresing

*Tabel 6.2. Hasil perhitungan story drift arah simpangan x*

Lantai	Total Drift	Perpindahan	Story Drift	Story Drift Izin	Story Drift < $\Delta_a$
	(mm)	(mm)	(mm)	$\Delta_a$	
Atap	13,284	0,056	0,308	70	OK
15	13,228	0,217	1,194	70	OK
14	13,011	0,377	2,073	70	OK
13	12,634	0,525	2,888	70	OK
12	12,109	0,658	3,619	70	OK
11	11,451	0,781	4,296	70	OK
10	10,670	0,890	4,895	70	OK
9	9,780	0,987	5,429	70	OK
8	8,793	1,074	5,907	70	OK
7	7,719	1,142	6,281	70	OK
6	6,577	1,207	6,639	70	OK
5	5,37	1,256	6,908	70	OK
4	4,114	1,295	7,1225	70	OK
3	2,819	1,314	7,227	70	OK
2	1,505	1,505	8,278	110	OK

*Tabel 6.3. Hasil perhitungan story drift arah simpangan z*

Lantai	Total Drift	Perpindahan	Story Drift	Story Drift Izin	Story Drift < $\Delta_a$
	(mm)	(mm)	(mm)	$\Delta_a$	
Atap	21,570	1,043	5,737	70	OK
15	20,527	1,168	6,424	70	OK
14	19,359	1,285	7,068	70	OK
13	18,074	1,392	7,656	70	OK
12	16,682	1,481	8,145	70	OK
11	15,201	1,550	8,525	70	OK
10	13,651	1,597	8,784	70	OK
9	12,054	1,625	8,938	70	OK
8	10,429	1,630	8,965	70	OK
7	8,799	1,615	8,883	70	OK
6	7,184	1,578	8,679	70	OK
5	5,606	1,520	8,36	70	OK
4	4,086	1,435	7,8925	70	OK
3	2,651	1,307	7,189	70	OK
2	1,344	1,344	7,392	110	OK

3. Pada desain gambar tulangan ditampilkan pada lampiran halaman berikut :

## 6.2 Saran

Untuk merencanakan suatu struktur tahan gempa hendaknya mempertimbangkan aplikasi sistem yang akan diterapkan, agar mampu mengantisipasi semua beban – beban yang bekerja termasuk beban gempa yang sangat berbahaya untuk perencanaan struktur gedung bertingkat tinggi.



## DAFTAR PUSTAKA

- Nasution Amrinsyah, 2009, *Analisis dan Desain Struktur Beton Bertulang*, Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Standar Nasional Indonesia, 2002, *SNI 03 – 2847 - 2013 : Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013)*, Bandung : Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia, 2002, *SNI 03 – 1726 - 2012 : Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2012)*, Bandung : Badan Standarisasi Nasional.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987, *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung*. Bandung : Yayasan Penyelidikan Masalah Bangunan Gedung.
- Purwono, R, 2005, *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Edisi Kedua. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Vis, W. C. ; Kusuma, Gideon, H, 1997, *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang*. Edisi : Kedua. Erlangga.